

Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset

Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen
kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti

Antti Ruuska, Tarja Häkkinen, Sirje Vares,
Marja-Riitta Korhonen ja Tuuli Myllymaa



Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset

**Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen
kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti**

**Antti Ruuska, Tarja Häkkinen, Sirje Vares,
Marja-Riitta Korhonen ja Tuuli Myllymaa**

Helsinki 2013

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 8 | 2013

Ympäristöministeriö
Rakennetun ympäristön osasto

Taitto: Marianne Laune
Kansikuva: Eero Laamanen / YHA Kuvapankki

Julkaisu on saatavana vain internetistä:
www.ym.fi/julkaisut

Helsinki 2013

ISBN 978-952-11-4154-6 (PDF)
ISSN 1796-1637 (verkkokj.)

ESIPUHE

Rakennusmateriaalit ja -tuotteet ovat nousseet entistä näkyvämpään rooliin keskustelussa ilmastonmuutoksen hillintätoimista ja rakentamisen ympäristövaikutuksista. Siirryttäessä kohti energiatehokkaampaa uudis- ja korjausrakentamista rakennusten käytön aikainen hiilijalanjälki pienenee, jolloin materiaalien ympäristövaikutusten merkitys tulee korostumaan. EU:n komissio julkisti v. 2011 tiekartan kohti resurssitehokkaampaa Eurooppaa, jossa rakennusmateriaaleilla on merkittävä rooli. Meillä Suomessa Kataisen hallituksen ohjelmaan on sisällytetty tavoite: ”Edistetään puurakentamista ja rakentamisen energiatehokkuuden laskennassa elinkaarilaskentaa, joka ottaa huomioon myös rakennusmateriaalien ja -tuotteiden valmistuksen.”

Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristövaikutuksista alkaa nykyisellään olla verrattain hyvin tietoa, ja niihin liittyvä elinkaarilaskenta on varsin kehittynyttä. Meillä on 1990-luvulta lähtien ollut käytössä järjestelmä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laatimiseen ja julkaisemiseen. Myös rakennustason ympäristöarvioinnissa materiaalien painoarvo on huomioitu. Näiden toimivien mutta vapaaehtoisten ohjausvälineiden vaikutukset käytännön rakentamisessa ovat kuitenkin jääneet melko vähäisiksi. Tuore rakennustuoteasetus ja Euroopan standardisointielimen CENin puitteissa tehty ympäristövaikutusten arviointimenetelmien harmonisointityö muodostavat kuitenkin jo tarvittavia yhteiseurooppalaisia puitteita materiaalien ja tuotteiden huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa.

Ympäristöministeriö käynnisti vuoden 2011 lopulla hankkeen, jonka tarkoituksena oli selvittää, mikä on nykytiedon pohjalta rakennusmateriaalien merkitys rakentamisen muuttuvassa ympäristövaikutusten kentässä sekä ottaa kantaa aiheeseen liittyvän ohjauksen tarpeeseen ja sen reunaehtoihin. Hankkeen konsultteina olivat VTT ja Suomen ympäristökeskus. Teemaan paneuduttiin olemassa olevan tutkimustiedon ja tapaustarkastelun kautta. Tarkastelu perustui yksinomaan materiaalien ja tuotteiden ympäristövaikutuksiin, ei esim. elinkeinopoliittisiin tekijöihin.

Nyt käsillä oleva hankkeen yhteenvetoraportti ja sen internetistä löytyvä taustaineisto ovat yksi etappi matkalla kohti rakennusmateriaalien huomioimista rakentamisen ohjauksessa. Selvityksessä painopisteenä oli materiaalien hiilijalanjälki. Jatkovaiheissa on entistä tarkemmin paneuduttava myös muihin ympäristövaikutuksiin ja aiheeseen liittyviin muihin reunaehtoihin. Ympäristöministeriö toivoo aineiston synnyttävän rakentavaa keskustelua rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista sekä niihin liittyvistä ohjausvälineistä.

Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat allekirjoittaneen lisäksi Matti J. Virtanen ja Else Peuranen ympäristöministeriöstä, Kimmo Lylykangas Aalto-yliopistosta, Mikko Viljakainen Puuinfosta, Pekka Vuorinen Rakennusteollisuus ry:stä sekä alkuvaiheessa Jarek Kurnitski Sitrasta. Kiitokset heille sekä etenkin työn tekijöille.

Harri Hakaste
ohjausryhmän puheenjohtaja
ympäristöministeriö

SISÄLLYS

Esipuhe	3
I Johdanto	7
1.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja tavoite	7
1.2 Rakentamisen ympäristövaikutusten merkitys	7
1.3 Aiempi aiheeseen liittyvä tutkimus	8
1.4 Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristöarviointi	8
1.5 Uusi rakennustuoteasetus	9
1.6 Uuteen jätelakiin perustuvat velvoitteet	10
1.7 Selvityksessä käytetyt ympäristöindikaattorit	10
2 Arvio rakennusmateriaalien merkityksestä rakennuksen elinkaaren aikaisiin khk-päästöihin	11
2.1 Laskentatavan kuvaus	11
2.2 Arviointitulokset	14
3 Rakentamisen jätteet	18
3.1 Rakentamisessa syntyvät jätteet ja niiden hyödyntäminen	18
3.2 Rakentamisen jätteiden kasvihuonekaasupäästöjen elinkaari-perusteinen arviointi	20
3.3 Arvio rakentamisen jätteiden hyödyntämisellä saatavasta luonnonvarojen säästöpotentiaalista	24
4 Arvio muiden ympäristöindikaattoreiden merkittävydestä	26
4.1 Maankäyttö ja vedenkäyttö	26
4.2 Muut ympäristövaikutukset	27
4.3 Indikaattoreiden merkityksellisyys	27
5 Yhteenveto	29
5.1 Materiaalien aiheuttamien khk-päästöjen merkitys	29
5.2 Jätteiden merkitys verrattuna rakentamisen ja käytön aikaisiin khk-päästöihin	32
6 Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset	33
Lähteet	36
Kuvailulehti	37
Presentationsblad	38
Documentation page	39

1 Johdanto

1.1

Tutkimuksen lähtökohdat ja tavoite

Nykyisen hallituksen ohjelman¹ yhtenä tavoitteena on rakentaa Suomea luonnon monimuotoisuuden vaalimisen ja ilmastomuutoksen torjunnan edelläkävijämaaksi. Tavoitteena on tehdä tulevaisuuden Suomesta hiilineutraali yhteiskunta. Hallitusohjelmassa todetaan, että ”rakentamisen energiatehokkuuden laskennassa edistetään elinkaarilaskentaa, joka ottaa huomioon myös materiaalien ja tuotteiden valmistuksen”. Lisäksi ohjelman mukaan ”julkisten rakennushankkeiden periaatteeksi otetaan ympäristövaikutuksiltaan edullisten vaihtoehtojen suosiminen, ja näiden vaihtoehtojen edistämistä selvitetään julkisesti tuetussa asuntorakentamisessa”.

Työn tavoitteena oli selvittää materiaalien merkitystä rakentamisen elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Merkitystä arvioitiin laskemalla materiaalien osavaikutuksen osuutta kokonaisvaikutuksista ja estimoimalla osavaikutuksen vaihtelurajoja. Merkitystä arvioitiin pääasiassa käyttämällä indikaattorina kasvihuonekaasupäästöjä.

1.2

Rakentamisen ympäristövaikutusten merkitys

Rakennussektorilla on osoitettu olevan merkittävä vaikutus ihmisen toiminnasta peräisin oleviin kasvihuonekaasupäästöihin. On arvioitu, että 40 % Euroopan kokonaisenergian kulutuksesta liittyy rakennuksiin ja kolmannes CO₂-päästöistä liittyy rakennuksiin.² Rakennussektorin on myös arvioitu olevan yksi kustannustehokkaimmista osa-alueista tavoiteltaessa päästöjen merkittävää vähentämistä. Euroopan komissio julkaisi vuonna 2011 tiekartan vähähiilisestä Euroopasta³. Sen mukaan tavoitteena on vähentää rakennusten aiheuttamista vuosittaisista khk-päästöistä vuoteen 2030 mennessä 37–53 % ja vuoteen 2050 mennessä 88–91 % verrattuna vuoteen 1990.

Rakentaminen vaikuttaa ympäristöön eri vaiheissaan monin tavoin. Vaikutuksia aiheutuu raaka-aineiden hankinnasta, tuotteiden valmistuksesta, kuljetuksista, rakennusmaan käyttöön otosta ja siihen liittyvistä maansiirroista sekä rakentamisesta. Suuri osa vaikutuksista aiheutuu energiankäytöstä, joka tarvitaan rakennuksen halutun sisäympäristön ja muun toimivuuden ylläpitämiseksi. Lopulta vaikutuksia aiheutuu myös rakennuksen purkamisesta ja jätteiden hyödyntämisestä tai loppusijoituksesta.

¹ Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma. <http://valtioneuvosto.fi/hallitus/hallitusohjelma/pdf/fi.pdf>

² Energy Efficient Buildings European Initiative.

³ COM(2011) 112 final

Aiempi aiheeseen liittyvä tutkimus

Tutkimuksissa on arvioitu rakentamisen ympäristövaikutuksia elinkaariarvioperiaatteella käyttäen indikaattoreina haitallisia päästöjä ja materiaali- ja energioresurssien kulumista. Arvioimalla toisaalta materiaalien kokonaismenekkiä ja toisaalta 50–100 vuoden aikana tapahtuvaa energiankulutusta ja ottamatta huomioon energiantuotannon muutoksia on osoitettu, että 1990–2000 luvun normaalisti lämpöeristetyt ja taloteknisesti varustetut talot aiheuttavat valtaosan ympäristövaikutuksistaan käytön aikana (ks. esimerkiksi⁴).

Myös passiivitasoisessa rakentamisessa energian käytön osuus khk-päästöistä on suuri, jos käytetään 100 vuoden aikaväliä ja oletetaan, että energiantuotannon päästöt muuttuvat vain vähän. Esimerkiksi ns. PuuEra-tutkimuksessa⁵ arvioitiin, että tuotteisiin ja energiankäyttöön liittyvien khk-päästöjen jakauma on 76 % / 24 % puurakennukselle ja 71 % / 29 % vastaavalle betonirakennukselle. Jos lämmitys tapahtuu uusiutuvalla energialla, niin energiankäytön osuus laskee 56 %:in puurakennuksella ja 50 %:in betonirakennuksella.

Rakennuksen energiatehokkuuden parantuessa materiaaleista aiheutuvat päästöt usein kasvavat⁶. Samalla käytönaikainen energiankulutus vähenee. Kummankin edellä mainitun seikan seurauksena materiaalien päästöjen suhteellinen osuus koko elinkaaren aikaisista päästöistä kasvaa. Rakennusten lähestyessä lähes nollaenergia-tavoitetta tämä osuus on muuttumassa merkittäväksi. Jo olemassa olevat energiatehokkaat ratkaisut tarjoavat esimerkkejä kohteista, joissa materiaali-päästöt muodostavat suunnilleen puolet rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä⁷.

Rakentamisen energiatehokkuutta koskevat määräykset ovat jo vaikuttaneet ja tulevat edelleen vaikuttamaan niin, että käytönaikaisen energian määrä vähenee ja samalla sen merkitys rakentamisen elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten aiheuttajana pienenee. Merkitys vähenee myös energian tuotannon aiheuttamien ominaispäästöjen pienentyessä. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden merkitys voi jonkin verran kasvaa myös, kun eristekerrokset paksunevat, talotekniikka lisääntyy ja perustolosuhteet heikkenevät. On tarpeen arvioida rakennusmateriaalien merkitystä ja vähennyspotentiaalia.

Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristöarviointi

Tuotteiden ympäristövaikutuksia arvioidaan elinkaariarvioilla. Elinkaariarviossa selvitetään, kuinka paljon materiaaleja ja energia kulutetaan tuotteen elinkaaren eri vaiheissa ja kuinka paljon syntyy ympäristölle haitallisia päästöjä. Hiilidioksidi ja muut kasvihuonekaasut ovat haitallisia päästöjä, koska ne vaikuttavat ilmaston lämpenemiseen.

Rakennusala on edennyt ympäristövaikutusten arviointimenetelmien kehittämässä ja standardoinnissa pitkälle. Eurooppalaisen standardointiorganisaation

⁴ Holopainen ym. 2010

⁵ Pasanen ym. 2011

⁶ Sartori & Hestnes, 2007; Hernandez & Kenny, 2011

⁷ Holopainen et al., 2012; König, 2011; Lebert et al. 2011; Peng et al. 2011; Vares et al. 2011

CENin⁸ työryhmä⁹ laatii standardeja rakennushankkeen ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen kestävyysarviointiin ja raportointiin. Laadittuja standardeja ja standardiluonnoksia ovat seuraavat:

- EN 15804 Sustainability of construction works - environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products
- EN 15942 - Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Communication format business-to-business
- EN 15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method

Lisäksi CEN TC 175 on laatinut ehdotuksen puutuotteiden ympäristöselosteista

- prEN 16485 Round and sawn timber - Environmental Product Declarations - Product category rules for wood and wood based products for use in construction¹⁰.

Näissä standardeissa annetaan ohjeita indikaattoreista, joiden avulla rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset arvioidaan ja ilmoitetaan. Standardin EN 15804¹¹ mukaan ympäristövaikutukset arvioidaan seuraavien vaikutusluokkien mukaan:

- ilmaston lämpeneminen
- otsonikato
- happamoituminen
- rehevöityminen
- fotokemiallisten oksidanttien muodostuminen
- eloperäisten resurssien niukkeneminen
- fossiilisten ja mineraalisten resurssien niukkeneminen.

1.5

Uusi rakennustuoteasetus

EU:n ensi kesänä voimaan tuleva rakennustuoteasetus¹² ottaa huomioon rakennustuotteiden ympäristönäkökohdat paremmin kuin nykyinen rakennustuotedirektiivi. Kun markkinoille saatetaan rakennustuote¹³, valmistaja laatii ilmoituksen, jossa kerrotaan tuotteen nk. perusominaisuuksien suoritustasot. Asetuksessa määritellään seitsemän perusominaisuutta, joista kolmeen, Hygienia, terveys ja ympäristö, Energiansäästö ja lämmöneristys sekä Luonnonvarojen kestävä käyttö, sisältyy ympäristöominaisuuksia. Luonnonvarojen kestävä käyttö on rakennustuotedirektiiviin nähden uusi perusominaisuus. Sen mukaan luonnonvaroja tulee käyttää rakennuskohteessa kestävästi ja varmistaa kohteen osien ja materiaalien uusiokäyttö tai kierrätettävyys purkamisen jälkeen, rakennuskohteen kestävyys ja ympäristöystävällisten raaka-aineiden ja uusiomateriaalien käyttö.

Rakennustuoteasetus ei anna mitään määräyksiä sallittavista päästöistä tai luonnonvarojen kulutuksesta. Asetus on kuitenkin tärkeä, koska se antaa mahdollisuuden asiaa koskevaan sääntelyyn. Ensimmäisenä askeleena voisi olla esimerkiksi vaatia hiilijalanjälkeä koskevaa informaatiota julkisissa rakennushankkeissa.

⁸ European Committee for Standardization

⁹ CEN/TC350 Sustainability of construction works

¹⁰ Ei ole valmisteltu CEN TC 350:n piirissä

¹¹ EN 15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products

¹² Rakennustuoteasetus <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126479&lan=FI>

¹³ joka kuuluu yhdenmukaistetun standardin piiriin tai joka vastaa sille annettua eurooppalaista teknistä arviointia

Uuteen jätelakiin perustuvat velvoitteet

Rakentamisen jätteiden suhteen taustaa selvitykselle luo uusi jätelaki (Jätelaki 646/2011), joka lisää rakennusjätteisiin liittyviä seuranta- ja raportointivelvoitteita. Tavoitteena on lisätä tietoa niin rakennusjätteiden määristä, alkuperästä kuin laadustakin, jotta jatkossa pystytään kehittämään toimialan materiaalitehokkuutta.

Näiden tavoitteiden tukemiseksi jäteasetuksessa on asetettu vaatimukseksi, että vuonna 2020 hyödynnetään muutoin kuin energiana tai polttoaineeksi valmistamisessa vähintään 70 painoprosenttia rakennus- ja purkujätteestä. Tähän määrään ei kuitenkaan lueta mukaan kallio- tai maaperästä irrotettuja maa- ja kiviaineksia eikä vaarallisia jätteitä.

Selvityksessä käytetyt ympäristöindikaattorit

Rakentamisen ympäristövaikutusten tutkimus on keskittynyt energiankulutuksen arviointiin ja kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin. Toisaalta rakentamisen materiaalien ympäristövaikutuksia on selvitetty elinkaariarvioilla, jolloin huomiota on kiinnitetty muihinkin haitallisiin päästöihin kuin khk-päästöihin¹⁴. Oleellista käytettävien ympäristöindikaattorien valinnassa on, että ne indikoivat vaikutusta, jotka ovat kestävän kehityksen huolenaiheita ja joihin rakentamisella on huomattava vaikutus¹⁵. Keskeisiä ympäristöindikaattoreita rakentamisessa ovat energiankulutuksen ja hiilijalanjäljen lisäksi myös maan käyttö ja – useissa maissa – veden käyttö. Lisäksi rakentaminen vaikuttaa merkittävästi jätteiden kokonaismäärään.

Tässä selvityksessä rakennusmateriaalien merkitystä rakentamisen kokonaisvaikutuksista elinkaaren aikana arvioitiin käyttäen indikaattorina kasvihuonekaasupäästöjä. Arvio tehtiin ns. parametrisena tapaustutkimuksena. Lähtökohtana käytettiin toteutettua kohdetta, jossa materiaalien merkitystä arvioitiin varioimalla kohdetta etsien päästöjen vaihtelurajoja.

Työn jätteitä käsittelevässä osiossa on käsitelty rakentamisessa ja erityisesti talonrakentamisessa syntyviä jätemääriä sekä jätteiden käsittelyä ja hyödyntämistä. Jätehuoltovaiheen aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä ja hyödyntämisen avulla saavutettavissa olevista hyödyistä tehtiin laskennalliset arviot rakentamisen metalli-, puu- ja betonijätteelle sekä sekalaiselle rakennusjätteelle ja kaatopaikalle läjitettävälle käsittelemättömälle jätteelle. Lisäksi arvioitiin metallin, puun ja betonin tuotannon veden kulutusta, luonnonvarojen käyttöä ja sivuttiin maankäyttönäkökulmaa. Tavoitteena oli arvioida kestävän jätehuollon merkitystä rakentamisen elinkaaren aikana.

¹⁴ ks. esimerkiksi RTS-ympäristöselosteina esitettyjä tuloksia www.rts.fi

¹⁵ SuPerBuildings

2 Arvio rakennusmateriaalien merkityksestä rakennuksen elinkaaren aikaisiin khk-päästöihin

2.1

Laskentatavan kuvaus

Parametrinen tapaustutkimus

Arvio rakennusmateriaalien merkityksellisyydestä elinkaaren aikaisista khk-päästöistä tehtiin tapaustutkimuksen avulla. Yksittäisen tapaustutkimuksen nojalla on kuitenkin vaikea päätellä eri osatekijöiden merkitystä. Tämän vuoksi tapaustutkimus tehtiin ns. parametrinenä selvityksenä, jonka avulla pyrittiin arvioimaan mahdollisia khk-päästöjen vaihteluvälejä.

Arvion perustapauksena tarkasteltiin 2011 lopussa valmistunutta, 6-kerroksista A-energialuokan betonielementtikerrostaloa, jonka oletettiin edustavan nykyisin vallitsevaa kerrostalojen uudistuotantoa (taulukko 1 ja kuva 1).

Taulukko 1. Lähtökohtana tarkastellun kohteen perustiedot

Rakennustyyppi	Asuinkerrostalo
Kerrosten lukumäärä	6 asuinkerrosta +kellari
Kerrosala	2454,5 m ²
Bruttoala	3056 brm ²
Asuntojen lukumäärä	28 kpl
Huoneistoala	2082 hum ²

Perustapauksen rakenteita muokkaamalla arvioitiin rakennuksen minimi- ja maksimimassaa. Raskaiden rakenteiden minimitapauksessa massaa arvioitiin pilari-palkkirungolla ja maksimitapauksessa paikalla valetuilla rakenteilla. Laskennassa tarkasteltiin myös vaihtoehtoista toteutustapaa, jossa rakennus on toteutettu kellaria, väestönsuojaa, alapohjaa ja hissikuilua lukuun ottamatta kevyillä rakenteilla. Kevyiden rakenteiden perustapauksena käytettiin Puuinfo:n julkaisemia 3 - 8 kerroksisten kerrostalojen rankarakenteisia rakennetyyppejä¹⁶. Ko. rakenteet täyttävät vallitsevat rakennusmääräykset ja ohjeet.

¹⁶ Puuinfo Suunnitteluohjeet



Kuva 1 Havainnekuva kohteesta. Lähde: Skanska.

Vaihtoehtojen vertailukelpoisuus

On vaikeaa määritellä kahta erilaisilla rakenteilla ja materiaaleilla toteutettua taloratkaisua, jotka olisivat toimivuudeltaan täsmälleen samanlaiset. Täydellisen tasaveroisuuden osoittaminen edellyttäisi sekä kattavia simulointiohjelmia että kvantitatiivisia arviointikriteereitä toimivuuden eri osatekijöille.

Tässä selvityksessä lähtökohdaksi asetettiin¹⁷, että eri rakennusosien keskinäistä merkitystä ja vaihtelurajoja khk-päästöjen suhteen arvioidaan tarkastelemalla valitulla ajanjaksolla rakennusmääräykset täyttäviä, samankokoisia ja saman käyttötarkoituksen mahdollistavia rakennusvaihtoehtoja. Selvityksessä ei tehty simulointeja tai arvioita mm. vaihtoehtojen turvallisuudesta, sisäympäristöstä tai muusta toimivuudesta.

Arvioiden tekeminen

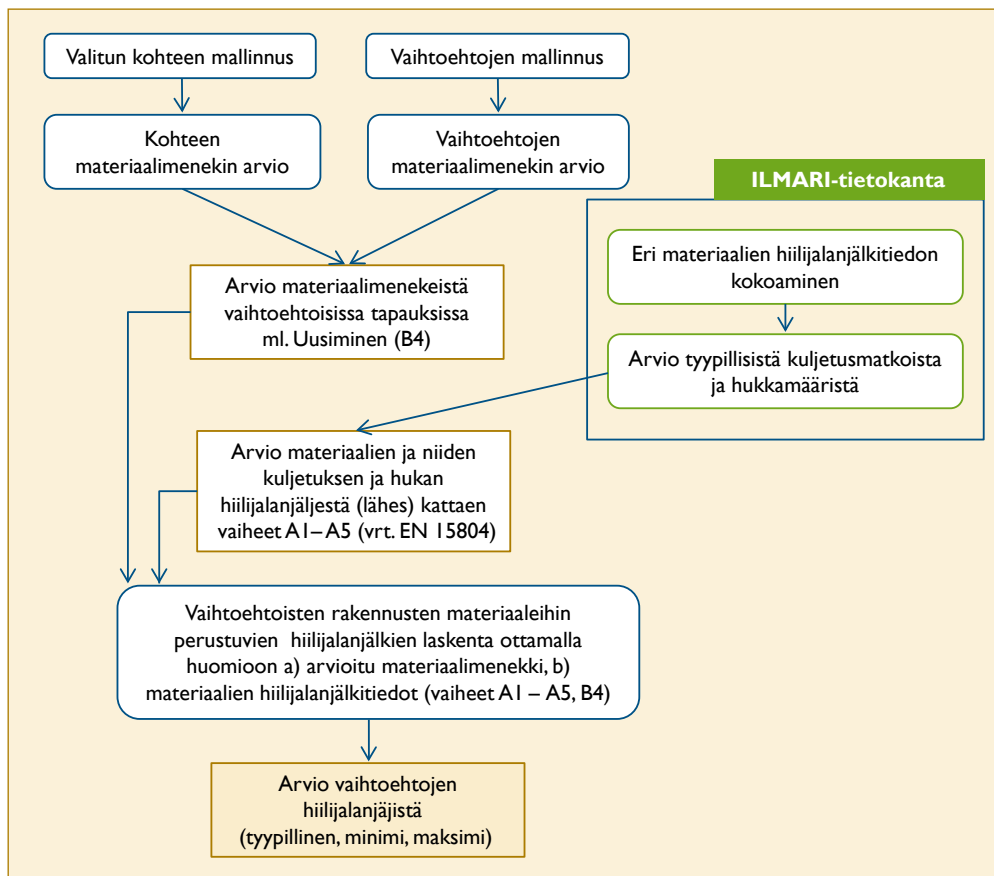
Laskenta tehtiin arvioimalla ensin vaihtoehtoiset rakenteet ja materiaalit, arvioimalla materiaalien vaihtelut, ottamalla huomioon materiaalien hiilijalanjäljet ja lopulta laskemalla koko rakennus eri materiaalien määrien ja niiden hiilijalanjälkien tulojen summana. Arvioiden ääripäät eivät edusta tyypillistä rakentamista vaan arvioitua mahdollista vaihtelua materiaalmäärissä. Arvioituissa hiilijalanjäljissä oli otettu huomioon paitsi materiaalien ja tuotteiden valmistus myös kuljetus työmaalle ja hukka työmaalla. Arvion kulku esitetään kuvassa 2.

Rakennusten mallintamisen yhteydessä arvioitiin myös 50 ja 100 vuoden aikana käytettävien korjausmateriaalien tarve. Lisäksi arvioitiin rakennuksen työmaan energiankäyttöä ja rakennuksen purkamiseen liittyvää energiankäyttöä. Kun otettiin huomioon näihin kuluvaan energian khk-päästöt ja lisättiin se edellisiin arvioihin, saatiin arvio kaikista materiaaleihin liittyvistä khk-päästöistä lukuun ottamatta jätteiden loppusijoitusta. Tätä käsitellään erikseen luvussa 4.

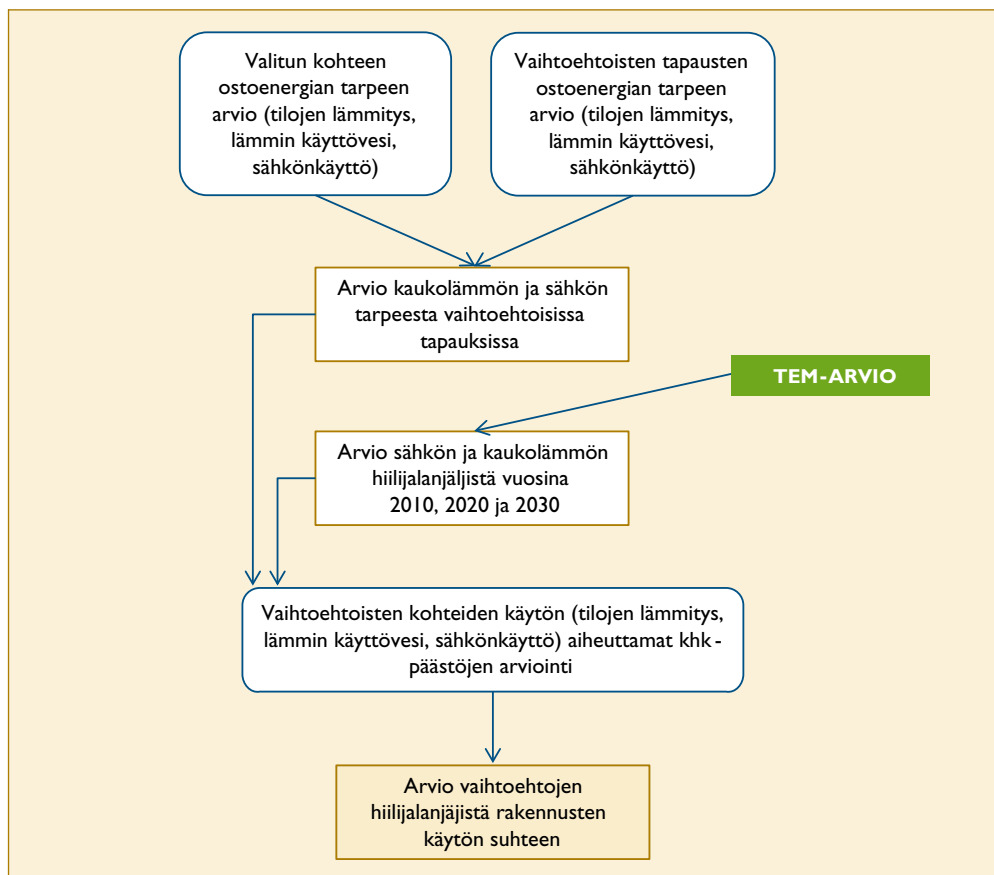
Rakentamisen materiaalien aiheuttamia khk-päästöjä verrattiin rakennuksen käytön aiheuttamiin khk-päästöihin. Rakennuksen käytön khk-päästöjen arvion kulku esitetään kuvassa 3.

Kaiken kaikkiaan arvioitiin seuraavat osatekijät: Materiaalien, korjausmateriaalien, rakentamisen, korjaamisen, purkamisen, lämmityksen ja sähkönkäytön khk-päästöt,

¹⁷ standardin EN 15798 kohdan 7.2 mukaisesti



Kuva 2 Rakentamisen materiaalien hiilijalanjäljen arviointi



Kuva 3. Rakennuksen käytön hiilijalanjäljen arviointi (TEM-ARVIO=Työ- ja elinkeinoministeriön arvio sähkön- ja lämmöntuotannon kasvihuonekaasupäästöistä vuosina 2010, 2020 ja 2030.)

Arviointitulokset

Rakentamisen ja korjaamisen materiaalit

Taulukossa 2 esitetään arviointitulokset rakennuksen massoista ja arvioituista vaihteluväleistä sekä arvio vastaavasta vaihteluvälistä rakennuksen hiilijalanjäljen suhteen.

Tuloksen mukaan rakennuksen massa voi vaihdella suuresti. Vastaavasti myös rakenteista ja materiaaleista aiheutuva hiilijalanjälki voi vaihdella, ei kuitenkaan yhtä paljon kuin massa. Tämä johtuu siitä, että osa eniten painoon vaikuttavista massaosista, kuten maa-ainekset, vaikuttaa hiilijalanjälkeen verrattain vähän.

Perustapauksen perusteella suurin merkitys materiaalien hiilijalanjälkeen on ulkoseinillä, väliseinillä, välipohjilla, yläpohjilla ja parvekkeilla. Suuri merkitys on myös ikkunoilla, ovilla ja lasituksilla sekä kalusteilla, varusteilla ja pintamateriaaleilla, jos näitä tarkastellaan ryhminä. Näistä kunkin osuus lopputuloksesta on n. 5 % tai enemmän. Talotekniikan merkitys on vähäinen. Korjausmateriaalien yhteenlaskettu vaikutus taas on suuri.

Vähimmäis- ja enimmäisvaihtoehtojen hiilijalanjälkien suhde on noin 2,2-kertainen.

Taulukko 2. Rakennuksen arvioitu kokonaismassa ja kasvihuonekaasupäästöt rakennusosittain jaettuna

	Massa Perustapaus (tn)	Vaihteluväli, min... max, (tn)	CO ₂ -ekv Perustapaus (tn)	Vaihteluväli min... max (tn)
Maa-ainekset	252	0... 1508	1	0... 7
Paalutus	146	0... 518	21	0... 75
Perustukset	292	164... 460	34	19... 54
Alapohjat	286	232... 407	23	21... 45
Erillinen, kantava rakennusrunko	0	60... 0	0	21... 0
Ulkoseinät	664	302... 1028	185	83... 267
Väliseinät	624	213... 624	126	59... 126
Välipohjat	1143	529... 1611	212	121... 256
Yläpohjat	204	51... 358	58	24... 82
Parvekkeet	461	130... 461	93	35... 93
Hormit	78	9... 78	16	4... 16
Portaat	6	1... 6	1	0... 1
Ei-kantavat väliseinät	48	39... 77	17	14... 30
Ikkunat, ovet, lasitukset	30	23... 38	54	42... 69
Kalusteet, varusteet, pintamateriaalit	99	75... 125	65	49... 82
Rakenteisiin kiinnittämättömät materiaalimäärät	35	26... 44	18	13... 22
Talotekniset järjestelmät	22	14... 29	31	23... 38
Korjaukset, 50 vuoden elinkaari	322	238... 408	281	211... 354
Korjaukset, 100 vuoden elinkaari	886	604... 1291	713	489... 918
Yhteensä, 50 vuoden elinkaari	4712	2106... 7780	1235	741... 1617
Yhteensä, 100 vuoden elinkaari	5276	2472... 8663	1667	1020... 2181

Aurinkopaneelien, aurinkokeräimien ja asuntokohtaisen jäähdytyksen vaikutus

Parametrisesti tarkasteltuun rakennukseen ei sisällynyt aurinkopaneeleja, -keräimiä eikä huoneistokohtaista jäähdytystä. Niiden mahdollinen vaikutus kuitenkin arvioitiin. Tuloksen mukaan ne voisivat lisätä kohteen khk-päästöjä 320–500 tonnia 50 vuoden aikana. Ko. laitteissa voi olla materiaaleja, joiden hiilijalanjälki on suuri.

Vaikka talotekniikan osuus on yleensä kohtalaisen pieni rakennuksen materiaalien arvioituista khk-päästöistä, sen merkitys voi kasvaa 50 vuoden aikajaksolla huomattavaksi (yli 25 %:in) aurinkopaneelien ja -keräimien tai jäähdytyksen takia.

Rakentaminen, korjaaminen ja purkaminen

Rakenteisiin ja materiaaleihin liittyviä päästöjä ovat myös rakentamisesta, korjaamisesta ja purkamisesta aiheutuva energiankulutus ja siitä aiheutuvat khk-päästöt. Parametrisessa tapaustutkimuksessa näiden suuruudeksi arvioitiin taulukon 3 mukaiset vaihteluvälit:

Taulukko 3. Rakentamisen, korjaamisen ja purkamisen aiheuttamat khk-päästöt. Arvioitua vaikutusta perustuen prosessien arvioituun energiankulutukseen.

	CO ₂ -ekv (tn)
Rakentaminen	90...240
Korjausrakentaminen 50 vuotta	10...15
Korjausrakentaminen 100 vuotta	20...30
Purkutyö	40...90

Kaikki edellä luetellut osatekijät huomioon ottaen tapaustutkimuksen arvioitua khk-päästöt olivat noin 1800 tonnia CO₂ekv taloa kohden 50 vuoden tarkasteluvälillä (so. korjaukset mukaan lukien). Arvioitu vaihteluväli oli 1100–2500 tonnia CO₂ekv (kuva).

Pohjarakentaminen ja tontti

Pohjarakentamisen ja tontin rakentamisen vaikutus rakentamisen hiilijalanjälkeen voi vaihdella paljon, ja sen merkitys voi olla huomattava. Tapaustutkimuksessa niihin liittyvän maksimiarvion taustalla on oletus, että uusilla kerrostalovaltaisilla asuinalueilla tonttitehokkuus on noin 0,5–0,8¹⁸. Jos rakennetaan huonolle maapohjalle, jolloin piha-alue täytyy stabiloida, piharakentamisen merkitys rakennuksen hiilijalanjälkeen kannalta voi kasvaa suureksi. Esimerkkitapauksessa saatiin piharakentamisen osuudeksi taulukon 4 mukaiset tulokset. Arvioitua maksimitapauksessa pohjarakenteiden ja piharakenteiden (massat ja päällysteet) osuus oli samaa suuruusluokkaa (360 + 1100 CO₂-ekv tn/kohde) kuin talonrakenteiden (660 CO₂-ekv tn/kohde).

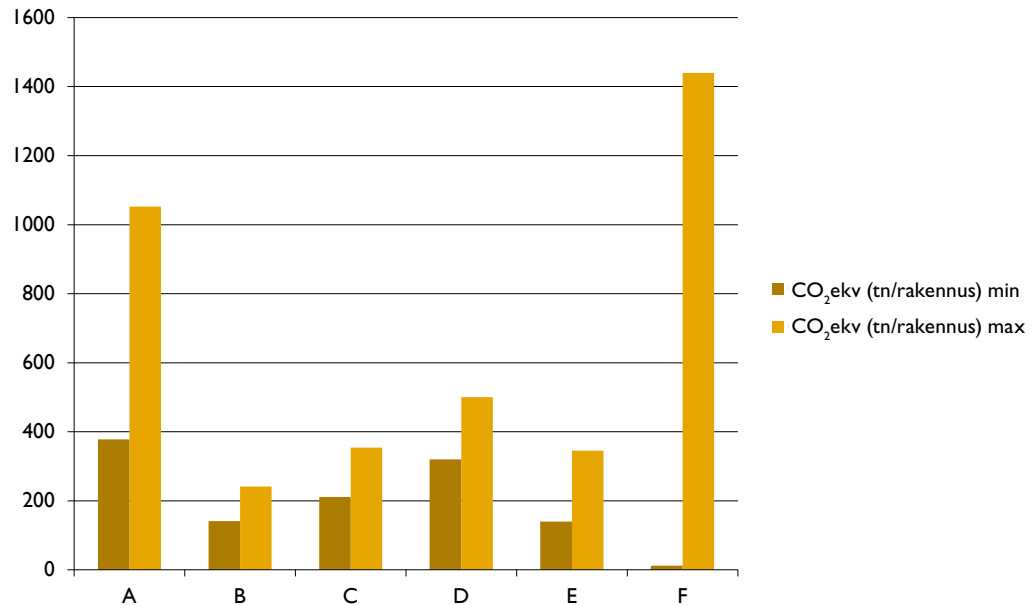
Taulukko 4. Arvio pihan päällysteiden ja pohjarakentamisen merkityksestä tapaustutkimuksessa

	CO ₂ -ekv. Vaihteluväli min... max
Päällystäminen (per neliö)	4–120 kg/m ²
Päällystäminen esimerkkitapauksessa	12–360 tn/tontti
Stabilointi esimerkkitapauksessa	0–1080 tn/tontti

¹⁸ Esimerkiksi Vuores <http://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8036/osa.pdf>

Jos tontin rakentaminen otetaan huomioon kokonaisarviossa, perustapauksen (ilman stabilointia) khk-päästöiksi saadaan noin 2000 tonnia CO₂ekv 50 vuoden tarkasteluvälillä enimmäisvaihteluvälin ollessa noin 1200–3900 tonnia.

Kuvassa 4 esitetään eri osakokonaisuuksien vähimmäis- ja enimmäisarviot tarkastellulle esimerkkirakennukselle (esitetty kuvassa 1).



Kuva 4. Eri osakokonaisuuksien vähimmäis- ja enimmäisarviot khk-päästöjen suhteen tarkastellulle esimerkkirakennukselle

- A Perustaminen, runko, parvekkeet, hormit, portaat
- B Ei-kantavat väliseinät, ikkunat, ovet, lasitukset, kalusteet, varusteet, pintamateriaalit, normaali talotekniikka
- C Korjausmateriaalit, 50 vuotta
- D Talotekniikan lisä tapauksessa, jossa hyödynnetään aurinkolämpöä, aurinkosähköä ja tehdään asuntokohtainen jäähdytys
- E Rakentaminen, korjausrakentaminen, purkaminen
- F Tontin rakentaminen

Rakennuksen käytön hiilijalanjälki

Kohderakennuksen lämpö- ja sähköenergian kulutus oletettiin voimassa olevassa energiatodistuslainsäädännössä määritellyn A-energialuokan mukaiseksi, jolloin sen energiankulutus on korkeintaan 100 kWh/brm² vuodessa. Energiatodistuksen laskennassa otetaan huomioon sekä lämmitysenergiankulutus että kiinteistösähkö ja jäähdytysenergia. Kiinteistön lämmitysenergiatarve muodostuu tilojen ja käyttöveden lämmitystarpeesta. Vähentämällä A-energialuokan rakennuksen kokonaiskulutuksesta kiinteistösähkön ja lämpimän käyttöveden kulutusarvot saatiin tilojen lämmitykselle maksimiarvo¹⁹.

Passiivitasoinen kerrostalo määritellään tilojen lämmityksen vaatiman lämmitysenergiatarpeen, kokonaisprimäärienergiatarpeen ja ilmatiiviyyden avulla²⁰. Tässä oletettiin, että se kuluttaa etelässä (Helsinki) 20 kWh/brm²²¹. Lisäksi oletettiin, että

¹⁹ Se kuvaa tilannetta Jyväskylän säävyöhykkeellä, ja sen pohjalta arvioitiin edelleen tilojen lämmitykseen kuluva energia Helsingissä.

²⁰ Suomi on jaettu kolmeen säävyöhykkeeseen, joilla on myös poikkeavat passiivitalon määritelmät.

²¹ Lisäksi oletettiin, että maan keskiosassa (Jyväskylä)kulutus on 25 kWh/brm². Jyväskylää koskevat tulokset esitetään taustaraportissa

passiivitasoinen kerrostalo kuluttaa kiinteistö- ja huoneistosähköä ja käyttöveden lämmitysenergiaa saman verran kuin A-energialuokan kerrostalo.

Lähes nollaenergiatasoinen kerrostalo tarkoittaa tässä yhteydessä ratkaisua, jossa rakennus on passiivitasoinen, ja sen lisäksi rakennuksessa tuotetaan mahdollisimman suuri määrä uusiutuvaa energiaa. Uusiutuva energia tuotetaan katolle ja eteläjulkisivulle sijoitettavilla aurinkokeräimillä ja -paneeleilla. Taulukossa 6 esitetään rakennusten bruttoneliökohtaiset energiankulutukset.

Energiankulutusarviot muutettiin edelleen arvioksi aiheutuvista khk-päästöistä ottamalla huomioon sähkön ja kaukolämmön khk-päästöt tarkasteltuna 50 ja 100 vuoden aikana. Laskelmat perustuvat TEM:in tekemään arvioon sähkön- ja lämmöntuotannon kasvihuonekaasupäästöistä vuosina 2010, 2020 ja 2030 (taulukko 5)²². Elinkaaren loppujakso laskettiin vuoden 2030 päästöprofiililla. Tarkastelujakson pituutta ei periaatteessa ole järkevää kasvattaa sataan vuoteen tulevaisuuden energiantuotantomenetelmiin ja hajautetun energiantuotannon yleistymiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi. Arviointitulokset esitetään taulukossa 6.

Taulukko 5. Sähkön ja lämmön kasvihuonekaasupäästöt vuosille 2010, 2020 ja 2030, energiamenetelmään perustuen

Kasvihuonekaasupäästöt g CO ₂ /kWh	2010	2020	2030
Sähkö	230	179	36
Kaukolämpö	243	216	191

Taulukko 6. Energiankulutukset ja kasvihuonekaasupäästöt

- Bruttoneliökohtaiset energiankulutukset eri rakennustyypeille tapaustutkimuksessa. Tulokset yksikkönä kWh/brm²
- Elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt energiankulutuksesta 50 ja 100 vuoden elinkaarelle (tonnia kasvihuonekaasupäästöjä/rakennus)²³

Energian käyttö	kWh/brm ²	Khk-päästöt (Helsinki) tn/rakennus 50 vuotta	Khk-päästöt (Helsinki) tn/rakennus 100 vuotta
A-energialuokka			
Tilojen lämmitys	33	1027	1992
Lämmin käyttövesi	35	1088	2110
Sähkö	50	702	977
Yhteensä	118	2817	5079
Passiivitaso			
Tilojen lämmitys	20	620	1203
Lämmin käyttövesi	35	1088	2110
Sähkö	50	702	977
Yhteensä	105	2410	4290
Lähes nollaenergiataso			
Tilojen lämmitys	20	620	1203
Lämmin käyttövesi	17,5	539	1045
Sähkö	38	532	741
Yhteensä	75,5	1691	2989

²² alustava arvio, TEM 13.4.2012 (Bettina Lemström).

²³ Jyväskylän suhteen lasketut tulokset esitetään taustaraportissa.

3 Rakentamisen jätteet

3.1

Rakentamisessa syntyvät jätteet ja niiden hyödyntäminen

Tilastokeskus tilastoi jätemäärät sekä tuottajasektoreittain että jätelajeittain vuosittain. Vuonna 2010 kokonaisjätemäärä oli noin 94 milj. tonnia²⁴. Rakentamisen jätteiden osuus valtakunnan koko jätemäärästä on merkittävä, noin 26 % (24,6 milj. tonnia), kun mukaan lasketaan sekä talonrakentamisessa että maa- ja vesirakentamisessa tuotetut jätteet. Rakentamisen kokonaisjätemäärästä jopa 94 % on erilaisia maa-aineksia. Maamassat jätettiin tässä arviossa tarkastelun ulkopuolelle, ja tarkastelu tehtiin keskeisimmille rakennuksessa käytettäville materiaaleille.

Pelkän talonrakentamisen tuottama osuus Suomen kokonaisjätemäärästä on arvion mukaan vajaa 2 % eli noin 2 miljoonaa tonnia²⁵. Talonrakennusjätteen lajittelu syntypaikalla tai erillisessä jätteenkäsittelylaitoksessa tuottaa viisi pääjätevirtaa: puu, metalli, betoni ja mineraalit, sekalainen jäte ja käsittelemätön jäte (taulukko 10).

Koko 2 miljoonan tonnin rakennusjätemäärässä (sisältäen siis myös sekalaisen ja käsittelemättömän jätteen, mutta ei maamassoja) olevan puun hyödyntämisprosentti on arvion mukaan 86 %, metallin 92 % ja betoni- ja mineraaliainesten 72 %. Talonrakennusjätteen kokonaishyödyntämisasteen (sis. materiaali- ja energiahyödyntämisen) arvioidaan olevan 73 %. Rakennusjätteiden kierrätykselle ilman energiahyödyntämistä on jätelainsäädännössä asetettu tavoitteeksi 70 %, eli materiaalihyödyntämistä tulisi lisätä huomattavasti tavoitteen saavuttamiseksi. Betonin ja mineraaliainesten hyödyntämisaste ja kokonaishyödyntämisaste eivät sisällä kaatopaikkojen rakenteisiin käytettävää osuutta. Jos se otetaan huomioon, niin rakennusjätteen kokonaishyödyntämisaste nousee noin 80 %:iin. Loput 20 % eli noin 420 000 tonnia sekalaista ja käsittelemätöntä rakennusjätettä päätyy kaatopaikalle²⁶.

Jätteiden hyödyntämisellä tarkoitetaan jätteiden palauttamista kulutuksen ja tuotannon kiertoihin. Materiaalit voidaan hyödyntää joko uudelleen käyttämällä, kierrättämällä, hyödyntämällä muulla tavoin materiaalina tai hyödyntämällä energiana. Jätelain (646/2011) mukaan jätehuollon ratkaisuja tulisi myös järjestää kaikille jätelajeille edellä esitetyssä järjestyksessä.

Taulukossa 7 esitettyjen päähyödyntämiskohteiden lisäksi rakennusjätejakeille on olemassa muitakin hyödyntämiskohteita; esimerkiksi puuta voidaan hyödyntää kuitulevyn raaka-aineena ja betonia uusiobetonin raaka-aineena²⁷.

²⁴ Tilastokeskus 2010a

²⁵ Bachér 2012 ja Jermakka 2011

²⁶ Bachér 2012

²⁷ Rakennusmateriaalien hyödyntämismuodoista on saatavilla lisätietoa lausuntokierroksella olevasta julkaisusta "Rakennusten ja rakenteiden elinkaaritekniikka" (RIL 2012)

Taulukko 7. Tietoja talonrakennusjätteestä²⁸

Jätelaji	Koostumus	Määrä t/a	%-osuus rakennusjätteestä	Käsittely	Päähyödyntämiskohde
puupohjainen jäte	puu (99 %), metallit (1 %)	520 000	26	haketus	Energiahyödyntäminen: poltto
metallijäte	rauta (98 %), kupari/alumiini (1 %), rejekti (1 %)	200 000	10	revintä, magneettierotin	Materiaalihyödyntäminen: romuteräksen valmistus
mineraali- ja kiviainekset (esim. betoni, tiili)	kiviaines (98 %), rauta (1,5 %), rejekti (0,5 %)	500 000	25	murskaus, magneettierotin, seulonta	Materiaalihyödyntäminen: maarakentaminen
sekalainen jäte	kiviaines (2,5 %), metalli (9 %), REF (43 %), puu (5 %), hienojakoinen aines (30 %), rejekti (10,5 %)	400 000	20	esilajittelu, revintä, magneettierotin, seulonta	Puu, metallit ja kiviaines hyödynnetään kuten yllä Hienojakoinen osa kaatopaikan rakenteisiin Polttokelpoinen jäte energiahyödyntämiseen Loput 10% kaatopaikalle
käsittelemätön jäte	yllä mainittujen lisäksi kaikkea rakennuksilla käytettävää materiaalia	380 000	19	lajitetaan kaatopaikalle	Ei hyödyntämistä, kaatopaikkasijoitus
Yhteensä		2 000 000 t	100 %		

Jättemäärät kuvaavat jätteen synnyn ehkäisytöiden tehokkuutta sekä esim. rakennusprosessin materiaalitehokkuutta. Jättemäärät kuitenkin toimivat sellaisenaan huonosti ympäristövaikutuksia kuvaavana indikaattorina, koska jätteet eivät vielä kuvaa elinkaaren todellista loppupäätä. Jätteet ovat elinkaareissa yksi välituotoksista, ja niiden käsittely ja hyödyntäminen tuottavat päästöjä ja vaikuttavat hyödyntämisen kautta myös muihin tuotejärjestelmiin ja niiden ympäristökuormitukseen. Elinkaaren loppupää on kyseessä vasta siinä vaiheessa, kun se sisältää myös jätteiden käsittelyn ja hyödyntämisen. Päästöjä jätehuollossa syntyy niin mekaanisten käsittelyprosessien käyttämän energian kautta kuin kaatopaikalta tai suoraan poltosta ja muista hyödyntämisprosesseista. Materiaalitehokkuutta tai sen puutetta paremmin kuvaavia indikaattoreita ovat kierrätettyjen jätteiden osuus ja kaatopaikalle sijoitettujen jätteiden määrää.

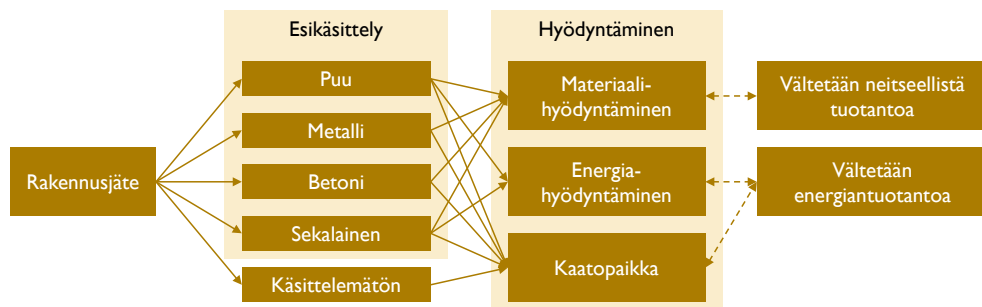
Talonrakentamisessa syntyvien jätteiden käsittely- ja hyödyntämisratkaisuilla on kuitenkin valtakunnallista merkitystä: toimialan osuudeksi jätteiden kokonaismäärästä on arvioitu 24 % metallijätteistä, 15 % lasijätteistä ja 11 % seka- ja kotitalousjätteistä²⁹. Muiden jätelajien osalta talonrakentamisen jätteiden osuus jää alle 10 %:iin. Mikäli otetaan huomioon myös maamassat, rakentaminen on merkittävin sektori sekä jätteiden tuotannon suhteen että kaatopaikkajätteiden tuotannon suhteen.

²⁸ Bachér 2012²⁹ Mattila ym. 2011

Rakentamisen jätteiden kasvihuonekaasupäästöjen elinkaariperusteinen arviointi

Menetelmän kuvaus ja tarkastelun rajaukset

Rakennusjätteiden ympäristövaikutusten arviointi tehtiin elinkaari pohjaisesti. Se tarkoittaa, että laskennassa on otettu huomioon rakentamisen jätteiden käsittely syntymävaiheesta jätekierron loppuun, eli esikäsittelyyn sisältyvät vaiheet sekä jätteiden hyödyntämisvaihe (kuva 5).



Kuva 5. Rakennusjätteen hyödyntäminen

Jätteiden kierrätyksen ja energiahyödyntämisen hyödyn arvioimiseksi laskentaan sisältyi tarkastelu siitä, mitä tuotteita, raaka-aineita, energiaa ja polttoaineita jätteen peräisellä materiaalilla tai energialla voidaan korvata. Käyttämällä raaka-aineena jätteen pohjaisia materiaaleja voidaan mm. vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä sekä saada päästösäästöjä, mikäli jätteiden hyödyntämisellä voidaan olettaa vältettävän jonkin toisen tuotteen tuotantoa. Kertaalleen valmistetun materiaalin työstäminen uudelleen raaka-aineeksi vie yleensä vähemmän energiaa ja luonnonvaroja kuin uuden tuotteen valmistaminen neitseellisistä raaka-aineista. Kierrätyksellä saavutettava kokonaishyöty riippuu kuitenkin mm. kierrätysmateriaalin kuljetus- ja käsittelytarpeesta, mutta ennen kaikkea siitä, minkälaisia materiaaleja tai tuotteita voidaan korvata.

Korvattavat tuotteet/raaka-aineet esitetään taulukossa 8. Kuljetuksia ei tarkastelussa otettu huomioon, sillä rakennusjätteiden kuljetusmatkat vaihtelevat suuresti jätteen syntymäpaikasta riippuen. Kuljetusten osuus tämänkaltaisissa tarkasteluissa on yleensä suhteellisen pieni. Laskennassa otettiin huomioon talonrakentamisen jätteiden viisi materiaalivirtaa.

Taulukko 8. Tarkasteluun valitut rakennusjätteiden esikäsittely- ja hyödyntämistavat ja jätteiden hyödyntämisellä vältetyt tuotantoprosessit

Jätevirrat	Käsittely	Hyödyntäminen	Vältetty tuotanto
Puu	haketus	energianhyödyntäminen pienessä lämpölaitoksessa	öljyn käyttö pienessä lämpölaitoksessa
Metalli	revintä, magneettierotin	kierrätysteräksen käyttö romupohjaisessa tuotannossa (EAF) (kuumavalssattu kela)	malmipohjaisen teräksen valmistus (BOF/BF) (kuumavalssattu kela)
Betoni	murskaus, magneettierotin, seulonta	murskeena maarakentamisessa	soran otto
Sekalainen jäte	esilajittelu, revintä, magneettierotin, seulonta	puu, metalli ja betoni kuten yllä, polttokelpoinen jäte poltetaan, hienojakoinen osa kaatopaikan rakenteisiin, loput kaatopaikalle	Puu, metalli ja betoni kuten yllä. Poltolla vältetään maakaasun polttoa sähköä ja lämpöä tuottavassa (CHP) laitoksessa.
Käsittelymätön jäte	läjitetään kaatopaikalle	kaatopaikkakaasun hyödyntäminen	kivihiililauhteella tuotettu sähkö

Korvattavasta tuotannosta syntymättä jääneet päästöt (vältetyt päästöt tai hyvitykset) on laskettu jäteperäisen materiaalin tai energian käytön hyödyiksi ja vähennetty jätehuoltoketjun prosessien tuottamista päästöistä. Näin saadaan jätehuoltoketjun nettovaikutus, joka parhaimmillaan on negatiivinen ja tarkoittaa, että jätteen hyödyntämisen avulla voidaan vähentää päästöjä enemmän kuin niitä ketjussa syntyy. Laskennan tulos kertoo siis jätteiden hyödyntämisen kokonaishyödyn verrattuna tilanteeseen, jossa jätettä ei kierrätettäisi ollenkaan, jolloin vastaava määrä raaka-aineita ja energiaa olisi tuotettava neitseellisistä raaka-aineista³⁰. Tuotekohtaisissa elinkaariarvioissa on kuitenkin harkittava, onko sekundäärimateriaalin hyödyntämisen etu järkevämpää kohdentaa hyödyntäjälle kuin potentiaalisesti hyödynnettävän jätteen tuottajalle.

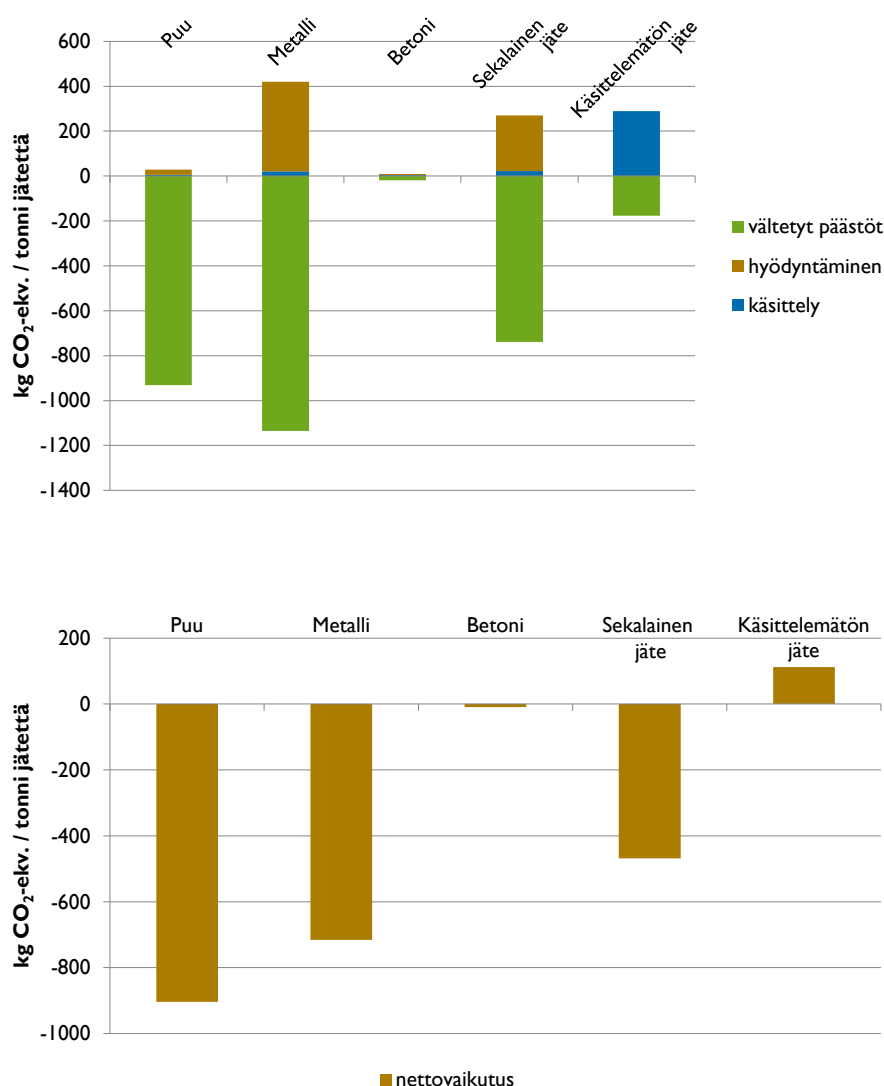
Kasvihuonekaasuja koskevat tulokset laskettiin sekä kullekin jätelajitonille, keskimääräiselle rakennusjätetonnille ja esimerkkirakennukselle.

³⁰ Standardissa EN 15804 (Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products) annetaan ohjeet myös vältettyjen päästöjen arviointiin. Arvioinnin avulla on mahdollista tukea suunnitteluratkaisuja, joilla pyritään lisäämään kierrätystä ja uudelleenkäyttöä.

Materiaalikohtaiset jätehuollon kasvihuonekaasutaseet

Rakennusmateriaalien käsittelystä ja hyödyntämisestä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä, mutta vastaavasti korvattavasta tuotannosta jää syntymättä päästöjä (kuva 6a). Jätelajikohtaiset nettopäästöt saadaan laskemalla edellä mainitut tiedot yhteen, jolloin jätteille oletettujen käsittely- ja hyödyntämistoimenpiteiden voidaan todeta tuottavan enemmän hyötyjä kuin kuormitusta kaatopaikalle sijoitettua jätettä lukuun ottamatta (kuva 6b).

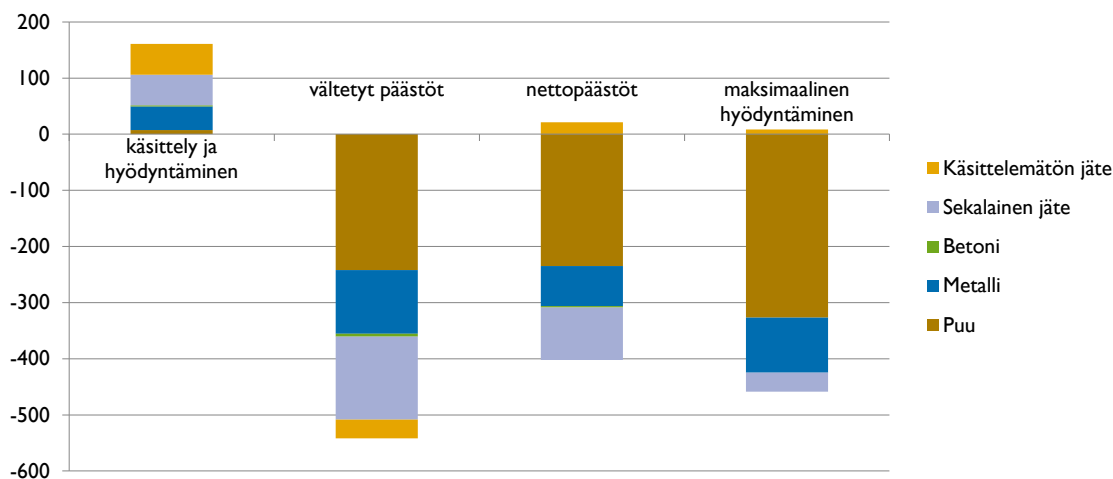
Jätelajikohtaisia khk-päästökertoimia käytettiin laskettaessa keskimääräisen rakennusjätetonnin aiheuttamia päästöjä. Samoin niitä käytettiin laskettaessa esimerkkirakennuksen rakentamisessa, korjaamisessa sekä purkamisessa aiheutuvien jätteiden aiheuttamia khk-päästöjä. Koska eri materiaaleja käytetään rakenteissa erilaisia määriä, vasta esimerkkirakennukseen liittyvä tarkastelu osoittaa todelliset rakennusmateriaalien väliset erot.



Kuva 6a ja 6b. Jätelajikohtaiset kasvihuonekaasupäästöt ja -säästöt kg CO₂-ekv./tonni kyseistä jätettä

Mahdollisuudet vähentää ympäristökuormitusta tehostetun hyödyntämisen avulla

Jätelajikohtaisten päästöjen avulla saadaan laskettua keskimääräisen rakennusjätetonnin aiheuttama kuormitus ja hyödyntämisen ansiosta vältetyt päästöt (kuva 7, ensimmäinen ja toinen pylväs vasemmalta).



Kuva 7. Keskimääräisen rakennusjätetonnin käsittelystä ja hyödyntämisestä aiheutuvat päästöt, jätteen hyödyntämisellä vältetyt päästöt ja (jätelajikohtaisesti esitetyt) nettopäästöt.

Rakennusjätteiden käsittelyn ja hyödyntämisen nettopäästöt saadaan laskemalla edellä mainitut tiedot yhteen, jolloin voidaan todeta, että keskimääräinen rakennusjätteiden käsittely tuottaa tälläkin hetkellä enemmän vältettyjä päästöjä kuin suoraan kuormitusta (kuva 7). Nettopäästöt siis kuvaavat jätteen koko elinkaaren aikaisia päästöjä/päästösäästöjä, jotka tässä tapauksessa ovat noin -380kg CO₂-ekv./t rakennusjätettä. Miinusmerkkinen päästö tarkoittaa päästösäästöä, eli rakennusjätteen hyödyntämisellä voidaan teoriassa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja näin ollen vaikuttaa ilmastonmuutokseen hillitsevästi.

Jos rakennusjätteiden nykyistä hyödyntämistä tehostettaisiin siten, että sekalaisesta ja käsittelemättömästä jättejakeesta hyödynnettäisiin kaikki niiden sisältämä puu, betoni ja metalli, saavutettaisiin noin 18 % (-70 kg CO₂-ekv./t) lisää päästösäästöjä (vrt. kuvan 7 oikean puolimmainen pylväs).

Panostamalla talonrakentamisen tuottaman sekalaisen rakennusjätteen lajitteluun, lisäsäästöpotentiaali olisi nykyiseen 2 miljoonan tonnin vuosituotantoon suhteutettuna yli 140 000 tonnia CO₂-ekvivalenttia vuodessa. Nykytilassa puolestaan vältetään kasvihuonekaasuja noin 760 000 tonnia CO₂-ekvivalenttia vuodessa verrattuna tilanteeseen, jossa jätteet toimitettaisiin hyödyntämättöminä kaatopaikalle.

Jätteiden hyödyntämisen merkitys esimerkkitalon elinkaaren aikana syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen kannalta

Esimerkkirakennuksen sisältämien metalli-, puu- ja betonimäärien avulla mallinnettiin materiaalien käsittelystä ja hyödyntämisestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt käyttämällä kuvassa 6a esitettyjä kertoimia. Taulukossa 9 esitetään esimerkkitalosta aiheutuvien tämän hetkisen jätteiden hyödyntämisen nettovaikutus, jossa käsittelyn ja hyödyntämisen lisäksi otetaan huomioon jätteillä korvattava neitseellinen tuotanto. Vaihteluvälitarkastelussa kuvataan rakenteiden minimi- ja maksimimassan vaikutus-

ta kasvihuonekaasupäästöihin. Purkamisen jätemäärän oletetaan olevan sama kuin uudisrakentamisessa käytetty materiaalmäärä.

Taulukko 9. Jätteistä aiheutuvat nettokasvihuonekaasupäästöt (sis. käsittelyn, hyödyntämisen sekä hyödyntämisellä vältetyt päästöt) (t CO₂-ekv / rakennus) esimerkkirakennuksen elinkaaren aikana.

	(t CO ₂ -ekv.)	Vaihteluväli min...max (t CO ₂ -ekv.)
Uudisrakentaminen	-9	-10...-45
Korjausrakentaminen		
-elinkaari 50v	-215	-155...-271
-elinkaari 100v	-479	-393...-603
Purku	-147	-407...-199

Minimirakenteilla toteutetussa rakennuksessa puun käytön osuus kokonaisrakennusmateriaalmäärästä on noin 20 % suurempi kuin normaali- ja maksimitapauksessa, näin ollen purkamisesta aiheutuvat nettokasvihuonekaasupäästösäästöt ovat minimitalouksessa suuremmat kuin runsaasti kiviaineksia sisältävissä normaali- ja maksimitapauksissa. Jättemäärään suhteutettuna korjausrakentamisen jätehuollon ja hyödyntämisen päästösäästöt ovat suuret verrattuna purkuun. Tämä johtuu siitä, että korjausrakentamisessa käytetään huomattavasti vähemmän betonia ja enemmän metallia ja puuta kuin uudisrakentamisessa ja koska puu- ja metallijätteen hyödyntämisellä oletetaan korvattavan päästöintensiivistä tuotantoa.

Edellä esitetyn pohjalta rakennusjätteen käsittely ja kierrätys on järkevää, koska nettovaikutus on päästöjä säästävää. Arvio perustuu siihen oletukseen, että puun poltto voidaan katsoa päästöttömäksi CO₂:n suhteen ja että sillä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita.

Taulukon tulosten perusteella ei kuitenkaan voida täysin perustella sitä, että päästösäästöt tulisi kohdentaa tarkasteltavalle rakennukselle. On huomattava, että sadan vuoden aikajaksolla tehdyt arviot ovat erittäin epävarmoja; on myös epävarmaa, käytetäänkö fossiilisia polttoaineita lämmön tuotantoon 100 vuoden kuluttua. Lisäksi on huomattava, että 100 vuoden kuluttua tapahtuvat toimenpiteet eivät auta saavuttamaan vähähiilisen Euroopan³¹ päästötavoitteita. Sen mukaan tavoitteena on vähentää rakennusten aiheuttamista vuosittaisista khk-päästöistä vuoteen 2030 mennessä 37–53 % ja vuoteen 2050 mennessä 88–91 % verrattuna vuoteen 1990.

3.3

Arvio rakentamisen jätteiden hyödyntämisellä saatavasta luonnonvarojen säästöpotentiaalista

Jätteitä kierrättämällä voidaan energian ohella säästää neitseellisiä luonnonvaroja. Euroopan komission (EC 2011) tutkimuksen mukaan rakennusjätteiden kierrätyksen lisäämisellä pystytään vähentämään luonnonvarojen käyttöä huomattavasti. Suurin luonnonvarojen säästöpotentiaali sisältyy metallien kierrätykseen, mutta myös muiden materiaalien kierrätys säästää luonnonvaroja.

Luonnonvarojen säästöpotentiaaliarvion teossa noudatetaan samoja pääperiaatteita (jäte korvaa neitseellistä tuotantoa) kuin edellä esitetyissä kasvihuonekaasupäästösäästöjen laskelmissa. Laskelmissa rakennusjätteen prosessointiin kuluvat

³¹ COM(2011)

luonnonvarat ja vastaavasti neitseellisen korvaavan tuotteen tuottamiseen kuluvat luonnonvarat on otettu huomioon. Taulukossa 10 esitetään arvio rakennusjätteiden hyödyntämisellä korvattavista uusiutumattomista luonnonvaroista. Kun tarkastellaan pitkiä ajanjaksoja – esimerkiksi arvioitaessa rakennuksen purkamisen vaikutuksia – on myös otettava huomioon, että öljyä ei mahdollisesti käytetä lämmön-
tuotantoon sadan vuoden päästä, jolloin sitä ei voi myöskään korvata.

Taulukko 10. Talonrakentamisessa syntyvien jätelajien hyödyntämisellä saavutettava luonnonvarojen säästöpotentiaali jätetonnin ja esimerkkirakennuksen perustapausta kohti

	Korvaavuus / t jätettä	Uusiutumattomien luonnonvarojen säästöpotentiaali / t jätettä	Esimerkki- rakennus (Perustapaus*)
1 t puujäte: korvaa öljyä lämmön-tuotannossa (1t puuta ->10,8GJ lämpöä)	0,29 t raakaöljyä	0,29 t	129 t
1 t metallijäte: korvataan primääriteräksen tuotantoa	1 t primääri- terästä	1,71 t	406 t
1 t betonijäte: korvataan neitseellisen soran ottoa	1 t soraa	1,04 t	4460 t

* Sisältää esimerkkirakennuksen uudisrakentamisesta, korjausrakentamisesta (100v) sekä purkamisesta aiheutuvat jätteet.

4 Arvio muiden ympäristöindikaattoreiden merkittävydestä

4.1

Maankäyttö ja vedenkäyttö

Rakentamisesta, rakennusmateriaalien valmistuksesta sekä rakennuksen käytöstä aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi tässä työssä tarkasteltiin rakentamisen maankäyttöä sekä veden käyttöä.

Rakentamisessa maankäyttö muodostuu mm. suoraan rakennuksen ja tontin varaan maapinta-alasta, välillisesti rakennusmateriaalien ja polttoaineiden valmistuksessa ja raaka-aineiden otossa tarvittavasta maa-alasta. Myös rakennusjätteen hyödyntäminen varaa maa-alaa hyödyntämislaitoksien muodossa sekä kaatopaikka-pinta-alana.

Jos otetaan huomioon vain rakennusmateriaalien valmistuksen aiheuttamat elinkaariset maankäyttövaikutukset, puun käyttö varaa pinta-alallisesti huomattavasti suuremman maapinta-alan kuin metallin ja betonin valmistus^{32 33}. Tämä johtuu siitä, että puu kasvaa metsämaalla hitaasti ja tarvitsee paljon kasvutilaa. Maankäyttöä pitäisi kuitenkin myös tarkastella laadullisesti. Koska puun tuotantoon käytetty maa-ala uudistuu ja kykenee tuottamaan yhä uutta puuta, vertailu maa-ainesten oton pinta-alaan ei ole vertailukelpoinen. Maan ja luonnonvarojen käyttöä voidaan arvottaa myös suhteuttamalla käyttö käytettävissä oleviin varantoihin, mutta näissäkään menetelmissä ei vielä toistaiseksi ole toimivia menetelmiä uusiutuvien ja uusiutumattomien varantojen vertailulle.

Veden käyttöä tapahtuu rakennusmateriaalien valmistuksessa ja rakennuksen käyttövaiheessa. Arviointitulosten mukaan käyttövaiheen osuus on määräävä ja rakennusmateriaaleihin liittyvän vedenkulutuksen osuuden ollessa noin 10–15 %³⁴. Päärakennusmateriaaleista primääriteräksen valmistus kuluttaa eniten vettä ja sahatavara vähiten³⁵. Jos lisäksi puun kasvuun tarvittava vesimäärä otettaisiin huomioon, tulos olisi toisenlainen.³⁶

Vettä on Suomessa runsaasti, joten voidaan olettaa, että rakennusmateriaalien valmistuksessa ja itse rakentamisessa käytetyllä vedellä ei ole Suomessa ratkaisevaa merkitystä veden riittävyyden suhteen. Rakentamistoimialan tuottama jätevesi puhdistetaan, joten sen vaikutukset ympäristöön ovat samanlaiset muun puhdistetun jäteveden kanssa.

³² EcoInvent v2.2

³³ Tuomas Helinin tekemät arviot tämän raportin esimerkkirakennukselle esitetään artikkelikäsikirjoituksessa Land use as a sustainability aspect of buildings (kirjoittajat Tarja Häkkinen ym.). Helinin arvion mukaan puun käyttö tulee määrääväksi tekijäksi sekä pinta-alan mukaan että vaikutusten mukaan arvioituna, jos energian tuotanto pohjautuu merkittävältä osalta puuhun.

³⁴ Nibel ym. 2011

³⁵ Ecoinvent v.2.2

³⁶ Tuloksia tulkitessa on otettava huomioon, että eri materiaalien tonnikohtaisia tuloksia ei voida suoraan verrata toisiinsa.

Muut ympäristövaikutukset

Eri materiaalien tuotannolle on tunnistettavissa myös muita, tässä selvityksessä käsittelemättömiä potentiaalisia vaikutuksia ympäristöön. Esimerkkejä näistä ulkopuolelle rajatuista, mahdollisista vaikutuksista ovat mm. seuraavat:

- Metallien tuotannossa (myös kierrätysmetallin) ja mekaanisissa käsittelyprosesseissa syntyy metallipitoisia jätevesiä, joilla saattaa olla esimerkiksi ekotoksisia vaikutuksia ympäristöön.
- Puun käsittely ja puuraaka-aineiden tuotanto tuottaa ravinteita ja orgaanista aineesta sisältäviä jätevesiä, joilla voi olla rehevöittäviä vaikutuksia. Käsitellyn puun käsittelyprosesseissa on mahdollista vapautua myös ympäristölle tai terveydelle haitallisia pintakäsittely- ja säilöntäaineita. Toisaalta puu voidaan laskea myös väliaikaiseksi hiilivarastoksi, jonka merkitystä ei ole sisällytetty tähän työhön.
- Betonin käsittely ja tuotanto aiheuttavat ilmaan kohdistuvia päästöjä, joilla voi olla esim. happamoittavia tai hiukkasvaikutuksia. Lisäksi saattaa syntyä jätevesiä.

Näiden edellä mainittujen vaikutusten määrän ja merkityksen suhteuttaminen muihin ympäristövaikutuksiin vaatisi yksityiskohtaisempaa analyysiä, kuin mihin tässä työssä on ollut mahdollisuuksia.

Indikaattoreiden merkityksellisyys

Indikaattoreiden merkityksellisyys ja etenkin eri indikaattorien väliset erot kestävän kehityksen kannalta on haasteellista arvioida. Jokainen indikaattori kertoo eri ilmiöstä, joten niitä ei voida mitata samoilla mittareilla. Yksi keino on verrata indikaattorin arvoa koko Suomen vastaavaan arvoon. Näin pystytään arvioimaan, onko kyseisellä indikaattorilla merkitystä Suomen vallitsevan kuormituksen kannalta. Talonrakentaminen tuottaa elinkaarensa aikana päästöjä noin 5 milj. tonnia CO₂-ekv³⁷, mikä vastaa noin 5–8 % kaikista suomalaisten toimialojen tuottamista päästöistä (taulukko 11). Rakennusmateriaalien kohdalla etenkin sementin ja primääriteräksen valmistus aiheuttavat khk-päästöjä. Jos näitä materiaaleja voitaisiin korvata kierrätetyillä materiaaleilla ja sivutuotteilla, niin rakentamisen aiheuttamat ilmastovaikutukset pienentyisivät.

Maa- ja vesirakentaminen ja talonrakentaminen ovat valtakunnallisesti selvästi merkittävimmät materiaalikulutusta aiheuttavat toimialat, kun suora ja välillistä materiaalien käyttöä tarkastellaan niiden koko elinkaaren ajalta. Niiden yhteenlaskettu osuus Suomen materiaalien kokonaiskäytöstä oli noin 45 % vuonna 2005, ja vastaavasti kotimaisista suorista materiaalipanoksista noin 58 %³⁸. Maa- ja vesirakentaminen ovat talonrakentamista intensiivisempiä luonnonvarojen käyttäjiä. Talonrakentamisen osuus koko rakentamisen sektorin luonnonvarojen käytöstä on noin 25 % (23 miljoonaa tonnia)³⁹. Pääosa luonnonvarojen käytöstä on hiekan ja saven ottoa.

³⁷ Mattila ym. 2011

³⁸ Mattila ym. 2011.

³⁹ Mattila ym. 2011.

Taulukko 11. Indikaattoreiden arvot Suomelle sekä talonrakennustoimialalle

	Koko Suomi ¹⁾	Talonrakentaminen toimiala (suluissa %-osuus koko Suomen vastaavasta)
kasvihuonekaasupäästöt CO ₂ -ekv.	74,6 milj. t	n. 5milj.t ^{2), 3)} (7 %)
uusiutuva ja uusiutumaton energia	1,46 milj. TJ (josta uusiutuvaa 0,37 milj. TJ)	n. 25000 TJ ²⁾ (1,7 %) sisältää maa- ja vesirakentamisen
uusiutuvien ja uusiutumatonien materiaalien käyttö	537 milj. tonnia	n.23 milj. t ⁴⁾ (4 %)
maan käyttö	N/A	N/A
jätteet	85 milj. tonnia	2 milj. tonnia ¹⁾ (2 %)
veden käyttö	N/A	N/A

¹⁾ vuonna 2010. Tilastokeskus (2010b).

²⁾ vuonna 2005. Seppälä ym. (2009).

³⁾ elinkaariset päästöt

⁴⁾ vuonna 2005. Mattila ym.(2011)

5 Yhteenveto

5.1

Materiaalien aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen merkitys

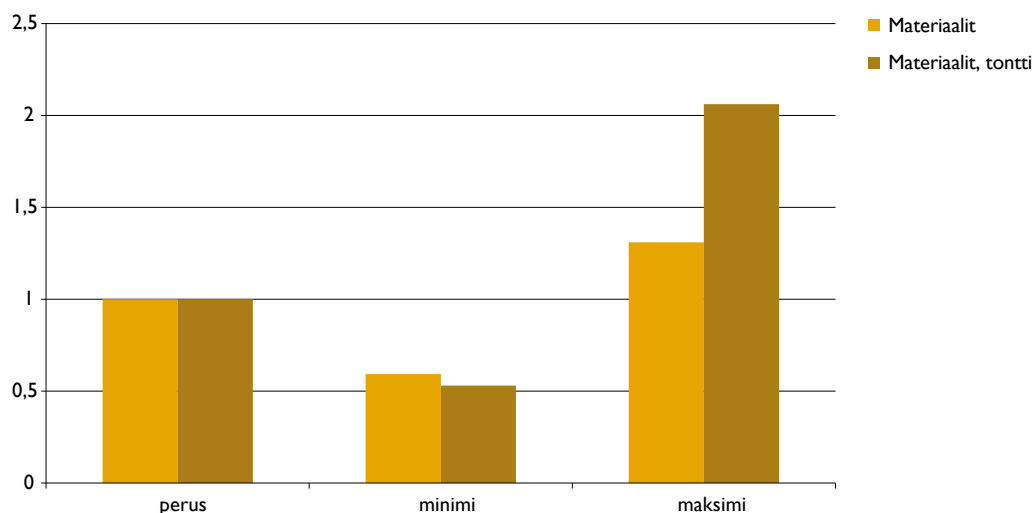
Selvityksessä arvioitiin materiaalien merkitystä rakennuksen elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Merkitystä arvioitiin pääasiassa käyttämällä indikaattorina kasvihuonekaasupäästöjä. Selvitys tehtiin parametrisena tarkasteluna, jossa perustapauksena käytettiin Suomessa toteutettua asuinkerrostaloa. Esimerkkitapauksen osalla arvioitiin materiaalien osuutta rakennuksen elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä sekä tämän osuuden vaihtelurajoja. Tulosten yhteenveto esitetään kuvissa 8–10.

Materiaalien osuuden vaihtelurajat

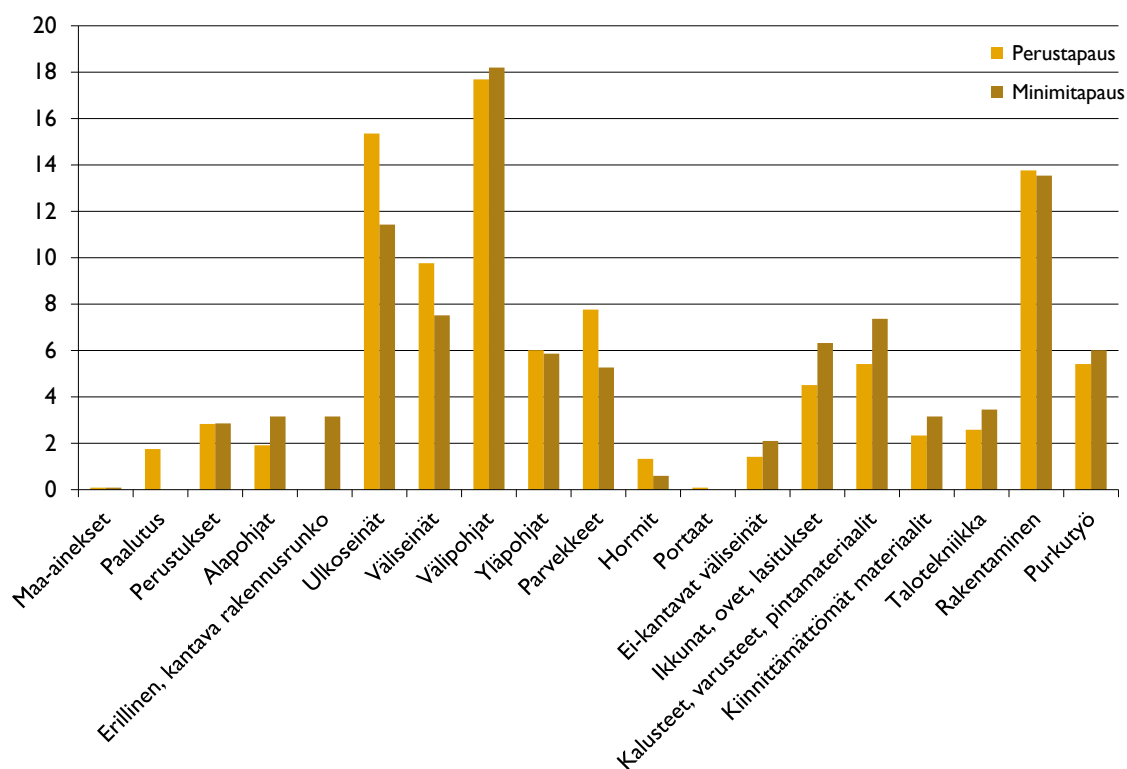
Tuloksen mukaan rakennuksen massa voi vaihdella suuresti. Vastaavasti myös rakennuksen rakenteista ja materiaaleista aiheutuva hiilijalanjälki voi vaihdella, joskaan ei yhtä suuressa määrin kuin massa. Parametrisen tapaustutkimuksen pohjalta arvioitiin, että khk-päästöt voivat vaihdella asuinkerrostalorakentamisessa karkeasti arvioiden noin suhteessa 1:2,2 tai suhteessa 1:3,9 kuvan 8 mukaisesti, jos myös tontin rakentaminen otetaan huomioon.

Rakennusosien suhteelliset osuudet

Runko pohjat ja seinät muodostavat perustapauksessa noin puolet koko hiilijalanjäljestä (kuva 9). Osuus on merkittävä suunnittelun alkuvaiheen päätösten kannalta. Korjausvaiheessa käytettyjen materiaalien merkitys on suurehko, koska niissä on suhteellisesti katsoen runsaasti mukana metalleja, muovia, lasia ja muita khk-päästöiltään kuormittavia materiaaleja. Talotekniikan arvioitu osuus on pieni, mutta jos rakennuksessa käytetään aurinkoenergian hyödyntämiseen liittyviä laitteita ja jäähdytykseen liittyviä laitteita ja materiaaleja, niin osuus voi kasvaa merkittäväksi.



Kuva 8 Parametriseen tapaustutkimukseen pohjautuva arvio khk-päästöjen vaihtelurajoista suhteellisina lukuina. 50 vuoden tarkastelujakso.
Keltaiset pylväät: ottaen huomioon prosessit ja ottamatta huomioon tontin rakentamista ja aurinkoenergian hyödyntämiseen ja jäähdytykseen liittyviä materiaaleja.
Ruskeat pylväät: ottaen huomioon tontin rakentaminen ja prosessit ja ottamatta huomioon aurinkoenergian hyödyntämiseen ja jäähdytykseen liittyviä materiaaleja.

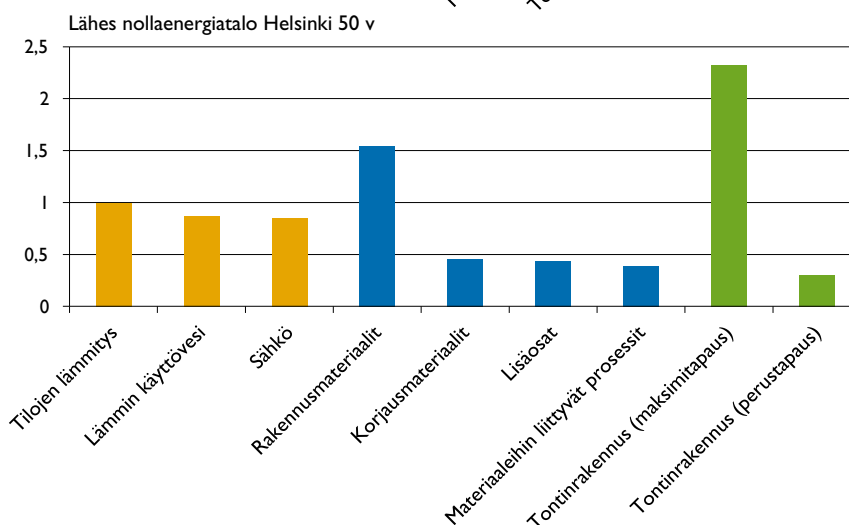
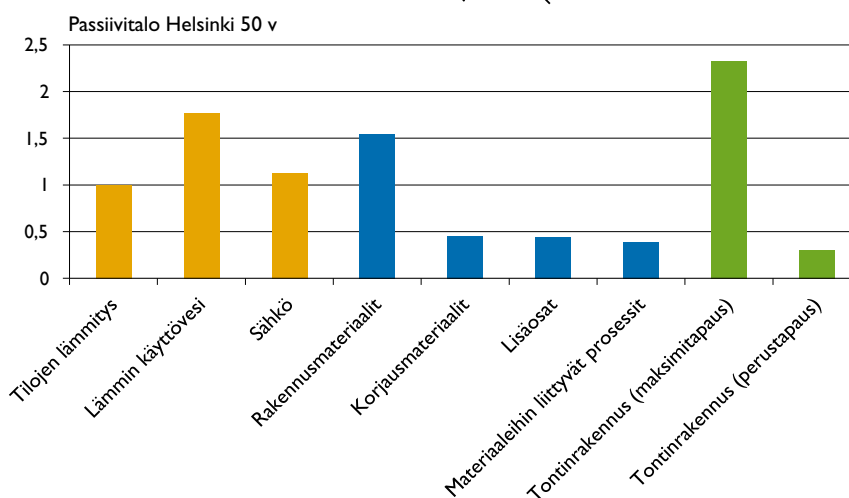
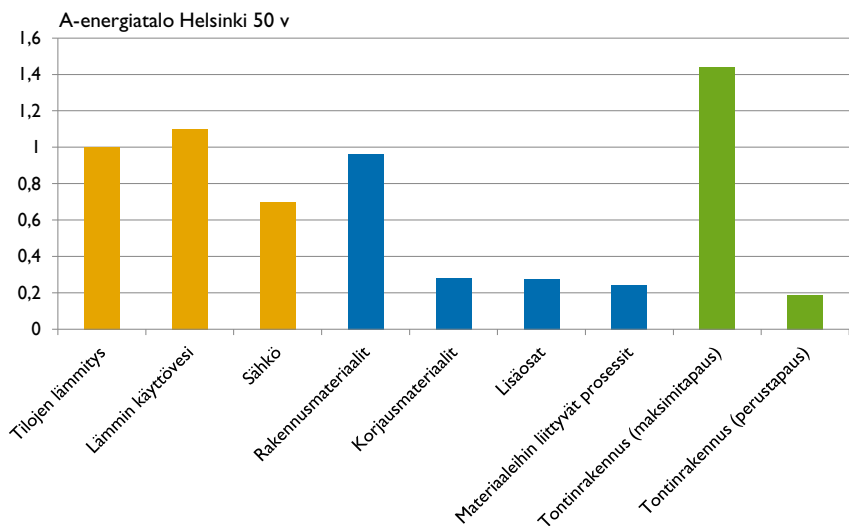


Kuva 9 Eri osien prosentuaaliset osuudet kokonaisuudesta
Keltaiset pylväät: perustapaus. Ruskeat pylväät: minimitapaus. Huomioon ei ole otettu aurinkoenergiaan tai jäähdytykseen liittyviä materiaaleja eikä piharakentamista⁴⁰.

⁴⁰ Korjaus sisältää talotekniikan 1 kerta/50 v, ikkunat, ovet ja lasitukset 1/50v ja kalusteita, laitteita ja pintamateriaaleja 4/50 v. ja märkätilojen korjauksia.

Rakennusmateriaaleihin liittyvien khk-päästöjen merkitys verrattuna käytön aiheuttamiin päästöihin

Tapaustutkimuksen perusteella rakennusmateriaalien ja niihin liittyvien kokonaisprosessien merkitys rakennuksen elinkaaren aikaisista khk-päästöistä on melko suuri. Materiaalien (rakentaminen ja korjaus) merkityksen arvioitiin A-energiatalon tapauksessa olevan samaa suuruusluokkaa kuin rakennuksen tilojen lämmityksen.



Kuva 10 Rakennusmateriaaleihin liittyvien khk-päästöjen osuus rakennuksen khk-päästöistä
Suhteellisenä esitetty tulos, jossa tilojen lämmitys on merkitty ykkösellä.

Sähkön osuuden suhteen on huomattava, että arviossa käytetty TEM:in esittämä skenaario sähkön ja kaukolämmön kehittämisestä vuoteen 2020 ja 2030 mennessä olettaa sähkölle khk-päästöjen muuttuvan merkittävästi (ks. taulukko 5).

Jos lämpimän käyttöveden lämmittämisessä ei hyödynnetä aurinkoenergiaa, niin sen osuus rakennuksen koko elinkaaren aikaisista khk-päästöistä tulee suureksi (ks. oranssit pylväät kuvassa 10). Rakennusmateriaalien kokonaisuus (sinisellä merkityt pylväät kuvassa 10) on merkittävä ja tontinrakentamisen (vihreällä merkityt pylväät) merkitys voi huonoimmassa tapauksessa hyvin suuri.

5.2

Jätteiden merkitys verrattuna rakentamisen ja käytön aikaisiin khk-päästöihin

Jätteiden käsittelyn ja hyödyntämisen merkitystä rakennuksen elinkaaren aikana voidaan arvioida suhteuttamalla elinkaaren eri vaiheissa syntyneiden jätteiden jätehuollon khk-päästöt materiaalien valmistuksessa, rakennuksen käytössä ja rakennuksen huoltotoimissa syntyneisiin päästöihin. Taulukossa 12 esitetään yhteenveto esimerkkirakennuksen tiedoista jätehuollon tiedoilla täydennettynä.

Taulukko 12. Esimerkkirakennuksen elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen muodostuminen (t CO₂-ekv.) elinkaari 50 vuotta

	Perustapaus tn CO ₂ -ekv.	Vaihteluväli min max tn
Rakentamisen materiaalien valmistus	955	530...1265
Rakentamisen jätteiden hyödyntäminen	(-9)	(-10...-45)
Korjaustoimenpiteiden materiaalien valmistus	281	211...354
Korjaustoimenpiteiden jätteiden hyödyntäminen	(-215)	(-155...-271)
Rakentamisen, korjausten ja purun energiankulutuksen päästöt	240	140...345
Purkamisen jätteiden hyödyntäminen	(-147)	(-407...-199)
Tilojen lämmitys	1027	1027...1027
Lämmin käyttövesi	1088	1088...1088
Sähkö, passiivitasoinen rakennus	702	702...702
Yhteensä	3922	3126...4266

Perustapauksessa materiaalien asianmukaisen jätehuollon tuottama hyöty vastaa noin 9 % materiaalien valmistukseen, rakennuksen huoltoon ja käyttöön liittyvistä päästöistä. Kevyiden rakenteiden tapauksessa hyöty on noin 15 %. Hyödyksi on laskettu kaikkien tuotettujen materiaalien täysi hyödyntäminen taulukossa 8 esitettyjen prosessien avulla. Taulukossa esitetyt tulokset perustelevat kierrätyksen merkitystä tällä hetkellä, mutta suluissa olevia lukuja ei tässä kuitenkaan kohdisteta tarkasteltavalle rakennukselle. Pääosa jätteistä käsitellään esitetyillä tavoilla jo nykyisin.

6 Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset

Rakentamisen materiaalien osuus khk-päästöistä kasvussa suhteessa rakennuksen elinkaaren päästöihin

Uudisrakentamisen energiatehokkuuden parantaminen merkitsee sitä, että rakentamisen materiaaleihin liittyvät khk-päästöt muodostavat nykyistä suuremman osuuden rakennuksen elinkaarenaikaisista päästöistä. Materiaaleihin liittyvät khk-päästöt voivat kasvaa myös absoluuttisesti arvioituna aiheutuen vaipan lämmöneristävyyden kasvattamisesta, aurinkoenergian hyödyntämiseen ja jäähdytykseen liittyvistä valinnoista, rakennuspaikan laadusta ja muista tekijöistä. Tässä raportissa esitetyn arviointituloksen mukaan materiaaleihin liittyvät päästöt muodostavat merkittävän osuuden rakennuksen kokonaispäästöistä khk-indikaattorilla arvioituna.

Rakennus voidaan tuottaa hyvin erilaisilla määrillä rakennusmateriaaleja, joiden hiilialanjälki ja muut ympäristötunnusluvut voivat olla erilaisia. Myös tämä perustelee rakennusmateriaalien huomioon ottamisen tärkeyttä.

Puun sitoman hiilidioksidin merkitystä ei tässä selvityksessä otettu huomioon. Kasvaessaan puu sitoo hiilidioksidia, joka on varastoituneena puurakenteissa rakennuksen eliniän ajan. Hiilensidonnan huomioon ottaminen muuttaisi selvityksen tuloksia.

Arviointituloksen perusteella voidaan myös painottaa tontin valinnan merkitystä. On huolehdittava siitä, että rakennuspaikka ja materiaalit valitaan huolella, koska tontin pohjarakentaminen liittyvä materiaalien käyttö voi lisätä khk-päästöjä paljon.

Rakennusjätteiden kierrätyksellä voidaan parantaa rakentamisen materiaalitehokkuutta

Rakennuksen eri elinkaaren vaiheissa ennen purkamista tuotetut jätemäärät ovat noin 10 % (50v elinkaari) ja n. 20 % (100v elinkaari) koko elinkaaren aikana kulutetuista materiaaleista. Suomen kokonaisjätemäärästä 2 % syntyy talonrakentamisen toimialalta⁴¹. 20 % rakennusjätteestä menee nykyisin kaatopaikalle. Näiden pienentämiseen pitäisi panostaa.

Materiaalien tehokkaan kierrätyksen avulla voidaan saavuttaa sekä materiaali-että päästöhyötyjä, joiden suuruusluokka esimerkkitapauksessa oli noin 9 % koko rakennuksen elinkaaren aikaisista päästöistä. Rakentamisen materiaalitehokkuuden parantamisen kannalta tulevaisuuden haasteena on lisätä materiaalien kierrätystä. Ympäristövaikutusten näkökulmasta kriittisten materiaalien laatua, kiertoa, kierrätysmahdollisuuksia ja niihin liittyviä edellytyksiä tulisi selvittää jätelajikohtaisin tarkasteluin, jotta tarkastelussa päästään riittävän syvälle ja konkreettisiin toimenpide-ehdotuksiin. Keskeisiä jätelajeita ovat mm. muovit ja puu. Jäteasetuksessa on asetettu vaatimukseksi, että vuonna 2020 kierrätetään eli hyödynnetään muutoin

⁴¹ Mattila 2011

kuin energiana tai polttoaineeksi valmistamisessa vähintään 70 paino- % rakennus- ja purkujätteestä. Koska Suomen rakennusjätteessä on runsaasti puuta, tavoitteen saavuttaminen nykyisillä hyödyntämiskäytännöillä ei onnistune.

Uudisrakentamisessa tulisi käyttää mahdollisimman paljon kierrätettävää materiaalia. Rakennukset tulisi suunnitella siten, että eri materiaalit, mutta etenkin puu ja metallit olisivat korjaus- ja purkutilanteissa mahdollisimman helposti erotettavissa.

Kierrätysmateriaaleista valmistettujen rakennustuotteiden kehittäminen, käyttökokemusten kartuttaminen kierrätysraaka-aineiden käytöstä sekä kierrätyspohjaisten rakennusmateriaalien laadunvarmistukseen liittyvät kysymykset ovat resurssitehokkuuden näkökulmasta tulevaisuuden aiheita. Rakennussektorin tulisi osallistua jatkossa näkyvällä roolilla tähän kehitystyöhön.

Rakentamisen suunnitteluvaiheeseen kiinnitettävä enemmän huomioita

Rakennuspaikan valintaan, perustamisolosuhteisiin ja materiaaleihin liittyvä ohjaus ja ympäristötieto tukevat suunnittelua ja siinä tehtäviä valintoja. Rakennustuoteasetuksessa mainittu elinkaarinäkökulman huomioonottaminen pitäisi ottaa käytäntöön tuomalla tuoteselosteiden yhteyteen vähintään tieto tuotteen hiilijalanjäljestä.

Rakennuksen arviointia koskevat standardit ohjaavat elinkaariarvion tekemistä jälkikäteen. Materiaalien ympäristövaikutusten tulisi suunnitteluprosessissa olla alkuvaiheesta lähtien vaikuttava tekijä.

Tämä selvitys osoittaa, että suuri osa rakennuksen materiaalien ympäristövaikutuksista tulee rakennuksen päärakenteista. Arviointien tekemistä pitäisi kannustaa hankkeiden alkuvaiheissa vaikka tietoa suunnitelman yksityiskohdista ei vielä olisikaan.

Toisaalta ikkunoilla, lasituksilla, kalusteilla, varusteilla, pintamateriaaleilla ja erityisesti energiatehokkaaseen rakentamiseen liittyvillä taloteknisillä laitteilla (kuten aurinkopaneelit ja -keräimet) voi olla huomattavakin merkitys. Pitäisi kehittää sellaisia menetelmiä ja työkaluja, joiden avulla arvio voidaan tehdä asteittain.

Tarvittaisiin uusia ohjeita ja standardeja suunnittelua varten ja ennen niiden kirjoittamista selvityksiä, joiden pohjalta ohjeet voidaan laatia.

Jos suunnittelukilpailussa edellytetään khk-päästöjen arviointia, olisi kilpailijoille annettava ohjeet kaikista huomioon otettavista asioista sekä elinkaaren eri vaiheiden että rakennusosien suhteen. Tulosten vertailukelpoisuuden vuoksi on olennaista, että ohjeet koskevat myös materiaalien ympäristövaikutusten tietolähdettä ja sähkön ja kaukolämmön khk-päästöjen laskentaa.

Rakentamisen ohjausta varten tarvitaan lisää tietoa rakentamisen ympäristövaikutuksista

Jotta ymmärrys materiaalien vaikutuksista kasvaisi, on tehtävä kattavia selvityksiä esim. eri rakennustapojen (mm. betoni-, teräs-, ja puu- rakentaminen) sisäisistä vaihtelurajoista ja potentiaaleista ympäristön kannalta mahdollisimman edulliseen rakentamiseen. Mitä enemmän huolellisesti tehtyjä kattavia arvioita erilaisista tapauksista on saatavilla sitä parempi yleisnäkemyks alalle vähitellen kasvaa materiaalivalintojen edullisuudesta ja merkityksestä. Julkisen rakentamisen tulisi näyttää esimerkkiä ja tuottaa mahdollisimman monen kohteen yhteydessä julkisia arviointituloksia alan tietoon.

Rakentamisen ympäristövaikutusten arviointiohjeissa tulisi kiinnittää nykyistä enemmän huomiota siihen, että pitkän aikavälin arviot ovat erittäin epävarmoja energiantuotannon päästöjen ja hajautettujen energiaratkaisujen käyttöön liittyvän tiedon puutteen takia. Koska kummassakin tapahtunee kehitystä, on suositeltavaa, että arviot rajoittuisivat kohtalaisen lyhyeen aikajaksoon ja että skenaarioissa otetaan

huomioon lämmön ja sähkön tuotannon todennäköinen kehitys. Yli 50 vuoden pituisia arvioita ei ole suositeltavaa tehdä niihin liittyvien hyvin suurien epävarmuuksien takia.

Tiedon lisääminen erilaisten rakennusten ympäristövaikutuksista ja osatekijöiden merkityksestä auttaisi suunnittelijoita ja rakentajia parantamaan perusymmärrystä ympäristön kannalta edullisista ratkaisuista. Julkista rakentamista varten tulisi kehittää tietty raportoinnin muoto, jonka avulla mahdollisimman monista julkisista rakennuksista tuotettaisiin rakentamisen yhteydessä tieto khk-vaikutuksista jaoteltuna eri osatekijöihin.

Edellytyksenä rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten huomioon ottamiselle rakentamisen ohjauksessa ja rakentamisen prosesseissa tulisi nykyistä paremmin ymmärtää, mitkä niiden ympäristövaikutuksista ovat rakentamisen kannalta tärkeimmät. Tarvitaan pohdintaa, perusteluja ja suosituksia siitä, mitkä ovat kestävän rakentamisen ydinindikaattoreita.

Seuraavassa vaiheessa tulisi lähteä selvittämään, miten rakennusprosessia voidaan ohjata ja tukea materiaalien ympäristönäkökohtien huomioonottamisessa. Täytyisi kuvata vaihtoehtoisia ohjauksen keinoja ja arvioida niiden toteutuskelpoisuutta, ympäristövaikutuksia ja kustannusvaikutuksia.

Ohjauksen kehittäminen

Suosituksena on, että rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten huomioon ottamista koskeva ohjaus etenisi asteittain. Aluksi tulisi ohjata ympäristövaikutusten arviointiin ja ilmoittamiseen julkisissa hankkeissa ja vähitellen muissakin hankkeissa. Tämän pohjalta tieto ja ymmärrys materiaalien merkityksestä lisääntyvät koko alalla. Sen jälkeen on mahdollista edetä luokituksiin ja niiden täyttämistä koskevaan ohjaukseen⁴².

Myös ympäristöindikaattorien huomioon ottamisessa voidaan edetä asteittain. Suositeltavaa on ensin laajentaa huomioon otettavat asiat energiasta hiilijalanjälkeen ja sen jälkeen vähitellen laajentaa huomioon otettavia tekijöitä. Tämän edellytyksenä on kuitenkin tutkimus ja nykyistä parempi tieto siitä, mitkä muut ympäristöindikaattorit ovat olennaisimpia kestävän rakentamisen suhteen. Valittavien indikaattorien tulisi toisaalta kuvata kestävän kehityksen tunnistettuja huolenaiheita ja toisaalta rakentamisen ohjauksessa tulisi ottaa huomioon ne osa-alueet, joihin juuri rakentamisella on keskeinen merkitys.

⁴² Samaan suositukseen päädyttiin myös eurooppalaisen Sustainability assessment and benchmarking of buildings –hankkeen yhteenvedossa (Häkkinen 2012)

LÄHTEET

- Bachér, J. 2012. NeReMa Material flow- and technical analysis report (C&D-waste). Unpublished report
- COM(2011) 112 final . A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050”, Communication from the European Commission, Brussels, 8.3.2011
- EC 2011. European Commission (DG ENV). Analysis of the Key Contributions to Resource Efficiency. Final report, March 2011.
- Ecoinvent v.2.2. Ecoinvent 2010. www.ecoinvent.ch
- Energy Efficient Buildings European Initiative. http://www.ectp.org/cws/params/ectp/download_files/36D928v2_E2BA_Brochure.pdf
- Hernandez, P. & Kenny, P. 2011. Development of a methodology for life cycle building energy ratings. Energy policy 39. Pp. 3779-3788.
- Holopainen, R., Vares, S. and Ritola J. 2012. Geo-energy utilization in the energy service of the community. In: Proceedings of IFME World Congress on Municipal Engineering - Sustainable Communities, in Helsinki, Tallinn and Stockholm June 4-10.
- Holopainen, R., Vares, S., Ritola, J. & Pulakka, S. 2010. Maalämmön ja viilennyksen hyödyntäminen asuinkerrostalon lämmityksessä ja jäähdytyksessä. Espoo 2010. VTT Tiedotteita – Research Notes 2546. 56 s. Kuva 24
- Häkkinen, T., Helin, T., Antuna, C. and Supper, S. Land use as a sustainability aspect of buildings. Article manuscript prepared within SuPerBuildings project.
- Jermakka, J. 2011. NeReMa Construction & Demolition waste stream analysis. Unpublished report.
- König H. 2011. Sensitivitätsanalyse von Gebäudeökobilanzen bezogen auf den Einzelaspekt „Betrachtungszeitraum“ (saksaksi). Ascona GbR.
- Lebert, A., Chevalier, J., Escoffier, F., Lasvaux, S., Berthier, E., Nibel, S., Hans, J., 2011. Evaluation de la performance environnementale des bâtiments. Définition d’ordres de grandeur. Traitement statistique. (ranskaksi). Rapport final. 106+60 sivua.
- Mattila, T., Myllymaa, T., Seppälä, J. & Mäenpää, I. 2011. Materiaalitehokkuuden parantamisen ja jätteiden vähentämisen ympäristöinnovaatioiden tarpeet. Ympäristöministeriön raportteja 3/2011.
- Nibel, S. 2011. Description and explanation of the selected indicators and related measurement and assessment methods with special focus on reliability, comparability and compatibility. SuPerBuildings Deliverable D4.2, <http://cic.vtt.fi/superbuildings/node/6>
- Pasanen, P., Kortenien, J. ja Sipari, A. 2011. Passiivitalon asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki, Tapaustutkimus kerrostalon ilmastovaikutuksista. Sitran selvityksiä 63. Bionova Consulting. 34+3 sivua.
- Peng, B., Lin, B. and Zhu, Y. 2011. Life Cycle Energy Consumption and CO₂ Emissions of Buildings: An Overview and Case Studies in Beijing. In: SB11 Helsinki World Sustainable Building Conference Proceedings, Helsinki 18-21 October 2011, Theme 1 World Resources, pp. 154-163.
- Puuinfo. Suunnitteluohjeet. <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet>
- Rakennustuoteasetus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011 rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126479&lan=FI>
- RIL 2012. Rakennusinsinöörien liitto. Rakennusten ja rakenteiden elinkaaritekniikka. RIL 216-2012. (lausuntokierroksella)
- Sartori, I. & Hestnes, A., 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low energy buildings: A review article, Energy and Buildings 39, pp. 249-257.
- Seppälä, J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila, T., Nissinen, A., Katajajuuri, J.-M., Härmä, T., Korhonen, M.-R., Saarinen, M. ja Virtanen, Y. Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009.
- Häkkinen, Tarja (Ed.) 2012. Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings. Final report VTT, Espoo. 409 p. + app. 49 p. VTT Technology : 72 ISBN 978-951-38-7908-2 <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>
- Tilastokeskus 2010a. Jätteiden kertymät sektoreittain ja jätelajeittain vuonna 2010. http://www.stat.fi/til/jate/2010/jate_2010_2012-05-16_tau_002_fi.html
- Tilastokeskus 2010b. www.tilastokeskus.fi
- Vares, S., Häkkinen, T., ja Shemeikka, J., 2011. ”Kestävän rakentamisen tavoitteet ja niiden toteuttaminen: Espoo Suurpellon päiväkodin arvio”, VTT Tiedotteita 2573, VTT, Espoo, 48+34 sivua.

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Rakennetun ympäristön osasto	Julkaisu-aika Toukokuu 2013
Tekijä(t)	Antti Ruuska, Tarja Häkkinen, Sirje Vares, Marja-Riitta Korhonen ja Tuuli Myllymaa	
Julkaisun nimi	Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 8/2013	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Uudisrakentamisen energiatehokkuuden parantuessa ja päästöjen vähentyessä rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen merkitys kasvaa jatkuvasti. Pääministeri Kataisen hallituksen ohjelmaan sisältyy tavoite rakennusmateriaalien ja –tuotteiden huomioimisesta rakentamisen energiatehokkuuden laskennassa.</p> <p>VTT ja Syke selvittivät ympäristöministeriön tilauksesta rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten merkittävyyttä rakentamisen ohjauksen kannalta. Merkitystä arvioitiin laskemalla materiaalien osuutta esimerkkitapauksena olleen kerrostalon elinkaaren (50 ja 100 v) aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä ja estimoimalla päästöjen vaihtelurajoja. Raportissa esitetään yhteenveto selvityksestä.</p> <p>Rakentamisen jätehuoltoa käsittelevässä osiossa käsiteltiin syntyviä jättemääriä sekä jätteiden käsittelyä ja hyödyntämistä. Jätehuollon aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä ja eri rakennusmateriaalien hyödyntämisen avulla saavutettavissa olevista hyödyistä tehtiin laskennalliset arviot.</p> <p>Tapaustutkimuksen perusteella khk-päästöt voivat vaihdella asuinkerrostalorakentamisessa noin suhteessa 1:2,2 ja suhteessa 1:3,9, jos myös tontin rakentaminen otetaan huomioon. Tapaustutkimuksen perusteella rakennusmateriaalien ja niihin liittyvien prosessien merkitys rakennuksen elinkaaren aikaisista khk-päästöistä on melko suuri, A-energialuokkaa olevan talon tapauksessa samaa suuruusluokkaa kuin rakennuksen tilojen lämmityksen.</p> <p>Materiaalien tehokkaan kierrätyksen avulla voidaan saavuttaa päästöhyötyjä, joiden suuruusluokka esimerkkirakennuksessa oli noin 9 % koko elinkaaren aikaisista päästöistä. Ympäristövaikutusten näkökulmasta kriittisten materiaalien kierrätysmahdollisuuksia tulisi jatkossa selvittää jätelajikohtaisin tarkasteluin. Keskeisiä jätelajeja ovat etenkin muovit ja puu. Kierrätysmateriaaleista valmistettujen rakennustuotteiden kehittäminen, käyttökokemusten kartuttaminen sekä kierrätyspohjaisten rakennusmateriaalien laadunvarmistus ovat resurssitehokkuuden näkökulmasta tulevaisuuden aiheita.</p> <p>Selvityksen perusteella suositellaan, että kestävä rakentamisen ohjauksessa tulisi kiinnittää huomiota myös rakennusmateriaaleihin. Suunnittelua varten tulisi olla tarjolla tietoa, työkaluja ja menettelytapoja, jotka mahdollistavat materiaalien hiilijalanjäljen huomioon ottamisen sekä tietoa erilaisten rakennuskohteiden khk-päästöistä. Rakennusmateriaalien hiilijalanjälkitarkastelu voidaan ensi vaiheessa liittää julkiseen rakentamiseen energiatehokkuustarkastelun rinnalle. Lisäksi tarvitaan tutkimusta siitä, miten rakennusprosessia voidaan tukea ja ohjata materiaalien ympäristönäkökohtien huomioonottamisessa, toteutuskelpoisuus ja kustannusvaikutukset huomioiden.</p>	
Asiasanat	Rakennusmateriaalit, rakennustuotteet, ympäristövaikutukset, hiilijalanjälki, elinkaariarviointi, kasvihuonekaasupäästöt, materiaalitehokkuus, rakennusjätteet, kierrätys.	
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö	
	ISBN 978-952-11-4154-6 (PDF)	ISSN 1796-1637 (verkkoy.)
	Sivuja 39	Kieli suomi
Julkaisun myynti/ jakaja	Julkaisu on saatavana vain internetistä: www.ym.fi/julkaisut	
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö	
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2013	

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Avdelningen för den byggda miljön	Datum Maj 2013
Författare	Antti Ruuska, Tarja Häkkinen, Sirje Vares, Marja-Riitta Korhonen och Tuuli Myllymaa	
Publikationens titel	Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti (Byggnadsmaterialens miljöpåverkan. En rapport om byggnadsmaterialens inverkan på växthusgasutsläpp från byggande)	
Publikationsserie och nummer	Miljöministeriets rapporter 8/2013	
Publikationens delar/andra publikationer inom samma projekt		
Sammandrag	<p>När energieffektiviteten i byggandet förbättras och utsläppen av växthusgaser därmed minskar, kommer betydelsen av byggmaterialens koldioxidavtryck att öka. Beaktandet av byggmaterial och produkter inom energiberäkningarna för byggandet ingår som en målsättning i programmet för den nuvarande regeringen, som leds av statsminister Katainen.</p> <p>Tekniska forskningscentralen i Finland (VTT) och Finlands miljöcentral (SYKE) analyserade betydelsen av byggmaterialens miljöpåverkan på uppdrag av miljöministeriet. Målet var att utveckla preliminära rekommendationer för styrning av byggandet. Betydelsen utvärderades med hjälp av en fallstudie (livscykeln för ett våningshus – 50 och 100 år); materialens andel av de totala växthusgaserna beräknades och emissionernas variation uppskattades</p> <p>Därutöver bedömdes mängden avfall som uppstår i byggandet betydelsen av processer för avfallshantering och materialåtervinning beräknades utgående från deras påverkan på växthusgasutsläppen. Denna rapport är en sammanfattning av resultaten.</p> <p>Enligt fallstudien kan växthusgasemissionerna för byggandet av typiska flervåningsbostadshus variera i proportionerna 1 :2,2 eller 1 : 3,9, om även tomtbyggandet beaktas. Enligt fallstudien är betydelsen av byggnadsmaterial och tillhörande processer ganska stor för de totala livscykelväxthusgaserna; den är av samma storleksordning som uppvärmningen av utrymmen i ett hus med A-energi klass.</p> <p>Det går att uppnå en minskning av utsläpp av växthusgaser genom en effektiv återvinning av material. Fallstudien visade att mängden av de bedömda besparingarna var 9 % av livscykelemissionerna. Återvinningsmöjligheter och miljöpotentialer av de viktigaste materialen bör utredas i framtiden med hjälp av bedömningar för specifika avfallstyper. Plast- och trämaterial hör till de grundläggande materialen ur denna synvinkel. Viktiga forskningsfrågor i framtiden är utvecklandet av byggmaterial som baserar sig på användning av återvunnet material, insamling av användningserfarenheter och förbättrad kvalitetsstyrning</p> <p>Utgående från utredningen rekommenderas att man bör beakta även byggmaterial när man utvecklar styrmedel för energieffektiva och koldioxidneutrala byggnader. För att stödja design för hållbart byggande bör information, verktyg och metoder finnas tillgängliga för att göra det möjligt att beakta olika materials klimatpåverkan. I första hand kunde de totala växthusgasutsläppen, inklusive materialens andel, beräknas i det offentliga byggandet, i tillägg till byggnadernas energiprestande. Därutöver behövs forskning som studerar alternativa sätt att genomföra styrningen med tanke på de sammanlagda effekterna, genomförbarheten och kostnadseffekterna.</p>	
Nyckelord	Byggmaterial, byggprodukter, miljöpåverkan, koldioxidavtryck, livscykelanalys, LCA, växthusgasutsläpp, materialeffektivitet, byggavfall, återvinning.	
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet	
	ISBN 978-952-11-4154-6 (PDF)	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 39	Språk Finska Offentlighet Offentlig
Beställningar/distribution	Publikationen finns tillgänglig endast på internet: www.ym.fi/julkaisut	
Förläggare	Miljöministeriet	
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2013	

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment Department of the Built Environment		<i>Date</i> May 2013
<i>Author(s)</i>	Antti Ruuska, Tarja Häkkinen, Sirje Vares, Marja-Riitta Korhonen and Tuuli Myllymaa		
<i>Title of publication</i>	Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti (Environmental impacts of construction materials. A report on the contribution of construction materials to greenhouse gas emissions of construction)		
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Ministry of the Environment 8/2013		
<i>Parts of publication/ other project publications</i>			
<i>Abstract</i>	<p>As the energy performance of new construction improves and the related greenhouse gas (GHG) emissions diminish the carbon footprint of construction materials becomes more important. One objective in the current government's programme is to take into account construction materials and products in the energy performance assessment of buildings.</p> <p>At the request of the Ministry of the Environment, VTT Technical Research Centre of Finland and the Finnish Environment Institute analysed, through a case study, the significance of the environmental impacts of construction materials. The aim was to develop preliminary recommendations for guiding construction. The case study calculated the overall GHG emissions from the materials used in an apartment building over its life cycle and estimated the range of emissions.</p> <p>In addition, the amount of construction waste was assessed, as was the effects of waste management and waste utilisation processes on GHG emissions.</p> <p>This report presents a summary of the results.</p> <p>According to this case study, GHG emissions can vary in typical multi-storey residential buildings within the range of 1 to 2.2 or 1 to 3.9 when the site foundation work also taken into account. The study shows that the construction materials and related processes contribute significantly to the GHG emissions of a building over its life cycle. In fact the level of significance is of the same order as the heating of spaces in an A-class energy performance building.</p> <p>The efficient recycling of materials can contribute to reductions in GHG emissions. The study showed that the estimated benefit was 9 % of the total life-cycle emissions. In the future, specific assessments of different types of waste could look at opportunities for the recycling and reuse of critical materials. Plastics and wood are especially important waste components. Future research topics include improving the use of recycled materials, collecting information on user experiences and enhancing quality assurance.</p> <p>The study recommends that attention should be paid to construction materials when developing guidelines for energy efficient and low-carbon buildings. To support the design of sustainable buildings, information, tools and methods should be available to enable the carbon footprint of construction materials to be taken into account. It is also recommended that the overall GHG emissions and energy performance of public buildings be calculated. In addition, research is needed to study alternative ways of implementing guidelines taking into account the overall effects and cost impacts of construction.</p>		
<i>Keywords</i>	Construction materials, construction products, environmental impact, carbon footprint, life-cycle analysis, LCA, greenhouse emissions, material efficiency, construction waste, recycling.		
<i>Financier/ commissioner</i>	Ministry of the Environment		
	ISBN 978-952-11-4154-6 (PDF)	ISSN 1796-1637 (online)	
	<i>No. of pages</i> 39	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> For public use
<i>For sale at/ distributor</i>	The publication is available only on the internet: www.ym.fi/julkaisut		
<i>Financier of publication</i>	Ministry of the Environment		
<i>Printing place and year</i>	Helsinki 2013		

Uudisrakentamisen energiatehokkuuden parantuessa ja päästöjen vähentyessä rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen merkitys kasvaa jatkuvasti. VTT ja Syke selvittivät ympäristöministeriön tilauksesta rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten merkittävyyttä rakentamisen ohjauksen kannalta. Merkitystä arvioitiin laskemalla materiaalien osuutta esimerkkitapauksena olleen kerrostalon elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä. Rakentamisen jätehuoltoa käsittelevässä osiossa käsiteltiin syntyviä jätemääriä sekä jätteiden käsittelyä ja hyödyntämistä. Tässä raportissa esitetään yhteenvedot selvityksistä.

Tapaustutkimuksen perusteella rakennusmateriaaleista rakennuksen elinkaaren aikana koituvat khk-päästöt vaihtelivat ratkaisusta riippuen merkittävästi. Rakennusmateriaalien ja niihin liittyvien prosessien osuus rakennuksen kaikista elinkaaren aikaisista khk-päästöistä todettiin myös melko suureksi: A-energia-luokan talon kohdalla se oli samaa suuruusluokkaa kuin rakennuksen tilojen lämmitys. Materiaalitehokkuustarkastelun perusteella tehokkaan kierrätyksen avulla voidaan saavuttaa päästöhyötyjä, joiden suuruusluokka esimerkkirakennuksessa oli noin 9 % koko elinkaaren aikaisista päästöistä.

Selvitysten pohjalta tutkijat antavat raportissa suosituksia mm. rakentamisen ohjaukseen, rakennussuunnitteluprosessiin, hiilijalanjälkilaskentaan, kierrätyksen tehostamiseen ja jatkotutkimustarpeisiin liittyen.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment